P.Texto(01).dot

MÓDULO

PROGRAMACIÓN AVANZADA EN TIA PORTAL CON S7-1200

UNIDAD 13

ANALÓGICAS Y CONTADORES RÁPIDOS

UD000101_V(01)

Instituto Tecnológico

ÍNDICE

MOTIVACIÓN 3

PROPÓSITOS 4

PREPARACIÓN PARA LA UNIDAD 5

1. OPERACIONES ANALÓGICAS 7

1.1. ANALÓGICO-DIGITAL 7

1.2. TRABAJO CON SEÑALES ANALÓGICAS 10

1.2.1. TIPOS DE SEÑALES ANALÓGICAS 10

1.2.2. ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS 13

1.2.2.1. Entradas y salidas analógicas en el autómata 13

1.2.2.2. Módulos de entradas y salidas analógicas 14

1.2.2.2.1. Módulos de salidas o entradas analógicas 15

1.2.2.2.2. Módulos analógicos de termorresistencias 22

1.2.3. ESCALADO DE SEÑALES ANALÓGICAS 25

2. CONTADORES RÁPIDOS 32

2.1. INTRODUCCIÓN 32

2.2. *ENCODER* 33

2.3. EL *ENCODER* INCREMENTAL 35

2.4. EL *ENCODER* ABSOLUTO 37

2.5. EL CONTADOR RÁPIDO 37

2.5.1. CANTIDAD DE CONTADORES RÁPIDOS 38

2.5.2. FUNCIONAMIENTO DE CONTADORES RÁPIDOS 38

2.5.2.1. Consideraciones previas 39

2.5.3. CONFIGURACIÓN DE CONTADORES RÁPIDOS 40

2.5.4. USO DEL CONTADOR EN EL PROGRAMA 45

CONCLUSIONES 51
RECAPITULACIÓN 52
AUTOCOMPROBACIÓN 53
SOLUCIONARIO 57
PROPUESTAS DE AMPLIACIÓN 58
BIBLIOGRAFÍA 59

MOTIVACIÓN

Una parte muy importante de la información que nos aporta el entorno no responde a una simple afirmación de si está o no está. En realidad, la información del entorno nos indica la distancia a la que está un objeto, el camino que hemos recorrido o la temperatura que sentimos.

En un sistema automatizado ocurre lo mismo: la información que el autómata necesita no es únicamente binaria, en el sentido de si está o no encendido un motor o si se ha alcanzado o no un final de carrera. También es necesario saber la distancia recorrida por un elemento móvil o la temperatura a la que se encuentra funcionando un horno.

Para obtener estos datos es necesario recurrir a las señales analógicas que nos permiten traducir una temperatura, una presión…, cualquier magnitud, en definitiva, en una señal eléctrica, transformable a su vez en un dato dentro del autómata.

Por otra parte, para medir recorrido resulta muy útil el uso de los pulsos que se generan en dicho recorrido y que son contados en el autómata por medio de contadores rápidos.

PROPÓSITOS

En esta unidad estudiaremos el trabajo con señales analógicas y con contadores rápidos:

- Qué es una señal analógica.
- Tipos de señales analógicas.
- Cómo se expresan las entradas y salidas analógicas en el autómata.
- Trabajar con tarjetas o módulos de entradas y salidas analógicas.
- Qué es un contador rápido.
- El *encoder.*
- Conoceremos los tipos de contadores rápidos.
- Cómo trabajar con contadores rápidos.
- Configuración de contadores rápidos.

PREPARACIÓN PARA LA UNIDAD

Para afrontar esta unidad es necesario tener presente lo ya conocido sobre el trabajo con datos en formato entero y doble entero.

Por otra parte, trabajaremos también con los distintos tipos de bloques.

1. OPERACIONES ANALÓGICAS

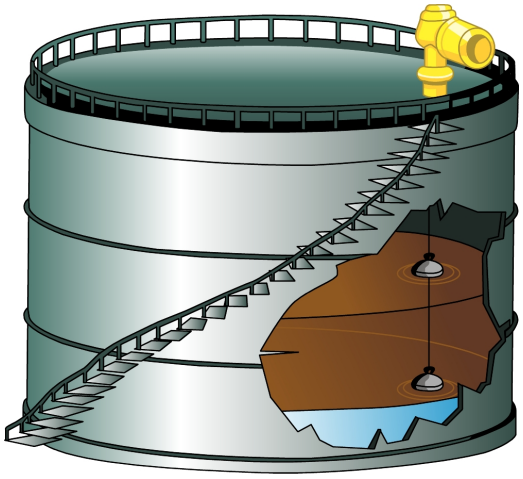
1.1. ANALÓGICO-DIGITAL

Todas las funciones con las que hemos trabajado hasta ahora estaban condicionadas o motivadas desde el exterior por informaciones de tipo digital desde el exterior, es decir, todas las entradas que proporcionaban información al autómata del estado del sistema automatizado eran digitales: sus valores eran 0 ó 1.

La única información de la que disponemos de todos los componentes del entorno automatizado es si están encendidos o están apagados.

De esta forma, nos perdemos mucha información, pues podemos saber si la presión en un recinto ha alcanzado un valor determinado, pero no sabemos el valor en cualquier momento, solamente si ha alcanzado, o no, un valor de consigna.

Lo mismo ocurre con el nivel de un depósito: sabemos si alcanza o no un cierto nivel, pero no sabemos el nivel que tiene en un instante dado.



Y, así, podríamos encontrar multitud de ejemplos en los que solo conocemos un bit de entrada que nos da la información de un valor de consigna alcanzado, pero que no nos aporta información sobre el valor de una magnitud en un momento dado.

Lo mismo ocurre con las salidas: podemos activar un motor o una electroválvula, pero no sabemos cómo regular la velocidad del motor o hacer una apertura regulada de una electroválvula.

Hasta ahora, además de bits podíamos trabajar con valores enteros o reales, pero generados en el propio autómata o introducidos como consigna a través de un panel de operador; pero no podíamos trabajar con valores enteros obtenidos de una magnitud externa al autómata.

Los valores enteros generados por un temporizador o un contador se generan desde el autómata y tampoco podemos convertirlos en una salida gradual, sino en un valor comparativo para tomar una decisión de “encender” o “apagar”.

Una señal digital se caracteriza por presentar únicamente dos posibles valores: 0 ó 1.

La evolución es “radical”: no hay puntos o valores intermedios.

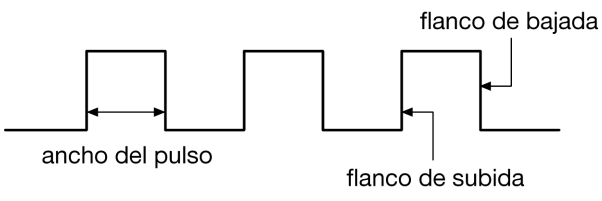


Figura 1. Señal digital

Hasta ahora todas las entradas y salidas con las que hemos trabajado son así: “hay tensión” o “no hay tensión”.

La señal analógica presenta una característica completamente distinta a la señal digital: se caracteriza por presentar todos los valores posibles comprendidos entre dos valores extremos.

La señal digital solo puede presentar los valores extremos, por ejemplo 0 voltios o 10 voltios, que corresponden a los estados lógicos 0 ó 1.

Una señal analógica entre 0 y 10 voltios puede adoptar cualquier valor comprendido entre estos extremos.

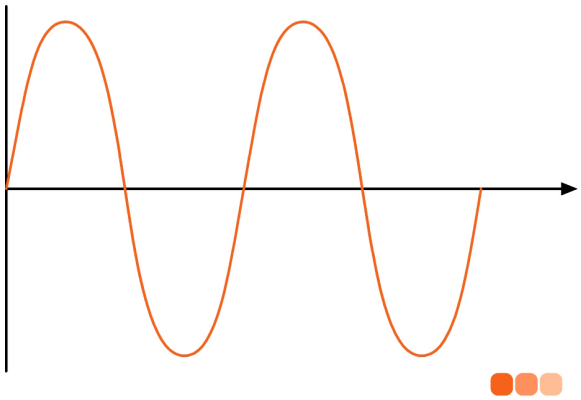


Figura 2. Señal analógica

1.2. TRABAJO CON SEÑALES ANALÓGICAS

Las señales analógicas pueden ser de entrada o de salida, es decir, señales analógicas que el autómata recibe y procesa o señales analógicas que el autómata envía al exterior una vez procesada.

Así, estaremos hablando de entradas analógicas y salidas analógicas.

El uso de señales de tipo analógico es muy extendido en el control de temperatura e incluso en el control de velocidad trabajando con variadores de frecuencia.

A su vez, cualquiera de los sensores de presión (fotocélulas, proximidad…) tienen su correspondiente versión analógica, en la que no dan un 0 ó 1, sino que dan una salida de tensión o intensidad variable en función del valor de la magnitud que estén midiendo.

1.2.1. TIPOS DE SEÑALES ANALÓGICAS

Podemos encontrar una gran variedad de señales analógicas en entornos industriales.

Las magnitudes eléctricas sobre las que van a trabajar las señales analógicas son dos: tensión y corriente, lo cual quiere decir que cualquier magnitud variable que podamos medir en un entorno industrial se traducirá a un valor de tipo variable en tensión o en corriente para que el autómata lo pueda entender.

Como estamos indicando, las señales analógicas son de tipo variable, pero es preciso determinar un rango de valores entre los que se produce esa variación.

Este rango nos da a entender la variedad de señales analógicas utilizadas en la industria

Podemos encontrar los siguientes valores en tensión:

0-50 mV	-25 mV --- 25 mV
0-100 mV	-50 mV --- 50 mV
0-500 mV	-100 mV --- 100 mV
0-1 V	-250 mV --- 250 mV
0-5 V	-500 mV --- 500 mV
0-10 V	-1 V --- 1V
	-2,5 V --- 2,5 V
	-5 V --- 5 V
	-10 V ---- 10 V

Como vemos, la gama de posibles valores es amplia. Para las señales analógicas de corriente hay menos variedad.

En corriente generalmente se utilizan señales de 0 – 20 mA y de 4 – 20 mA.

La señal analógica puede provenir de un potenciómetro, resistencia variable que al aplicarle una tensión da como resultado un conjunto de valores entre 0 y el valor de la tensión aplicada.

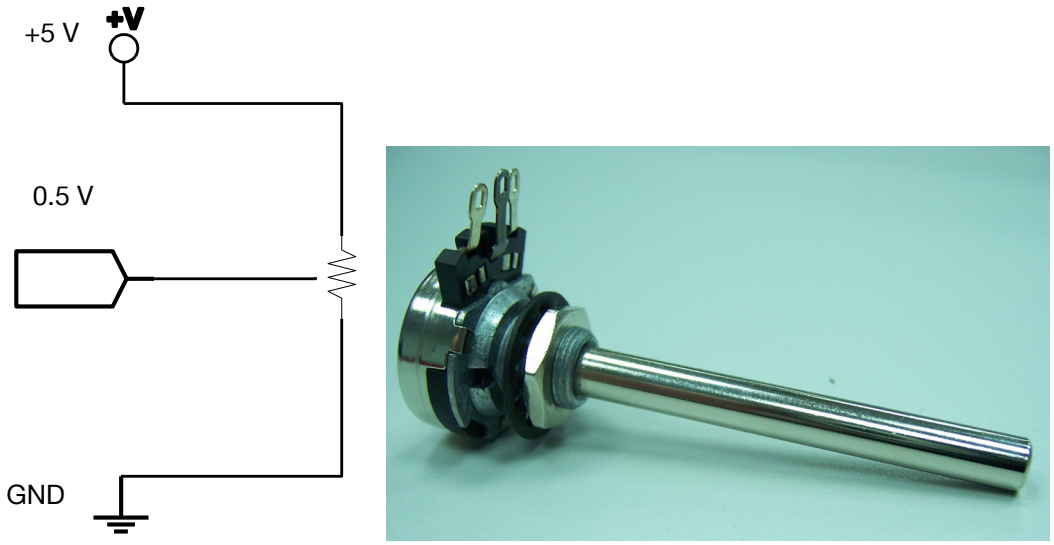


Figura 3. Potenciómetro, resistencia variable

Existen multitud de sensores que transforman un valor de una magnitud física en un valor de tensión o corriente variable.

Un tipo especial de señales analógicas proviene de las sondas de temperatura, que podemos encontrar en dos formatos principalmente:

1. Termorresistencia.

   Se trata de resistencias cuyo valor depende de la temperatura. De forma que una tensión aplicada en la misma hace que que se genere una señal variable de tensión o intensidad en función del valor de la resistencia, de forma similar al caso del potenciómetro.

2. Termopar.

   Se trata de sondas basadas en un principio físico por el cual dos metales distintos unidos por un extremo, al calentarlos, experimentan la aparición de una tensión eléctrica en el extremo frío del orden de milivoltios. Esta tensión es proporcional a la diferencia de temperatura entre el extremo frío y el caliente.

Realiza el siguiente ejercicio.

Una señal _____1 se caracteriza por presentar dos posibles valores, 0 y 1. Una señal _____2 entre 0 y 10 voltios puede adoptar cualquier valor comprendido entre estos extremos. La señal analógica puede provenir de un potenciómetro, _____3 variable que al aplicarle una tensión da como resultado un conjunto de valores entre 0 y la tensión aplicada. La _____4 es una resistencia cuyo valor depende de la temperatura. La _____5 es una sonda basada en un principio físico por el cual 2 metales distintos unidos por un extremo, al calentarlos experimentan la aparición de una tensión eléctrica en el extremo frío del orden de milivoltios.

Solución:
[1] digital.
[2] analógica.
[3] resistencia.
[4] termorresistencia.
[5] termopar.

1.2.2. ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS

1.2.2.1. Entradas y salidas analógicas en el autómata

Para representar una entrada digital utilizábamos la siguiente nomenclatura:

I2.0

Donde la letra I representa que el dato es una entrada, el 2 nos indica que pertenece al *byte* 2 de entradas y el 0, que estamos hablando del bit 0 dentro del citado *byte* de entradas 2.

Algo similar podríamos decir si nos referimos a una salida:

Q3.5

Las entradas y salidas se organizan en bits dentro de la memoria del autómata. Así la entrada y salida recién citadas pertenecen al *byte* de entradas IB2 y al *byte* de salidas QB3, respectivamente.

Pero estas entradas y salidas son digitales, es decir, binarias, y sus valores son solamente 0 ó 1.

La memoria del autómata también tiene espacio reservado para las entradas y salidas analógicas. Solo que, en este caso, no son bits agrupados en *bytes*, sino que son *words*.

Cada entrada y salida analógica del autómata es un *word*, es decir, dos *bytes*.

Luego, sus valores oscilan entre **0 – 65.536,** si es valor sin signo, y entre **-32.768 --- 32.768,** si es valor con signo.

Representación de entradas y salidas analógicas

Para representar una entrada analógica, lo haremos como en el siguiente ejemplo: **IW10.**

Entrada analógica 10

I Entrada

W *Word*

10 Primer *byte* del *word* 10

Lo mismo ocurrirá en el caso de las salidas. Podremos hablar de la salida analógica **QW10.**

Como toda la memoria del autómata se organiza en *bytes*, cada dirección de entrada analógica ocupa dos *bytes*, por tratarse de una *word*.

Por esta razón, las direcciones de entradas y salidas analógicas van de dos en dos, es decir, IW0, IW2, IW4…

De la misma forma que ya vimos en el direccionamiento de *words* de marcas o entradas y salidas.

Operaciones asociadas a entradas y salidas analógicas

Las entradas y salidas analógicas permiten realizar todas las operaciones conocidas para el trabajo con *words*, es decir, transferencia, comparaciones, operaciones aritméticas… Sin más que colocar la dirección de la entrada o salida analógica donde antes poníamos el *word* de marcas, por ejemplo.

Veamos un ejemplo. Transferimos el valor de IW4 a MW100:

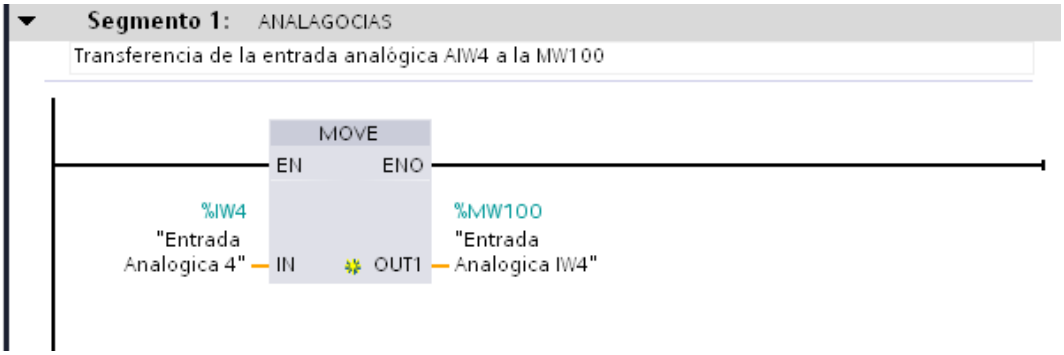


Figura 4. Transferencia de entrada analógica

Las entradas analógicas tendrán un valor que proviene del exterior del autómata: será información que el entorno suministra al autómata. Las salidas adoptarán un determinado valor en función de la evolución del programa que posteriormente debe salir al exterior del autómata.

En el siguiente apartado vamos a ver cómo se produce el paso de un valor externo a un valor interno comprensible por el autómata, tanto en el camino de las entradas como en el de las salidas.

1.2.2.2. Módulos de entradas y salidas analógicas

Una vez que ya sabemos cómo representamos o llamamos al valor correspondiente a entradas y salidas analógicas en el autómata, nos surge la pregunta evidente: cómo convertimos un valor de tensión o corriente analógico en un valor de una entrada analógica del autómata y viceversa (cómo convertir el valor de una salida analógica a un valor variable de tensión o corriente).

En el caso de las entradas y salidas digitales, partimos del hecho de que en el autómata ya existen una serie de “tornillos” en los que, con la adecuada conexión, activamos entradas o sacamos salidas.

Lo mismo ocurre con las entradas analógicas, en cada una de las CPU del 1200 podemos encontrarnos 2 entradas analógicas.

Si necesitamos más entradas analógicas o alguna salida analógica deberemos de añadir módulos externos.

1.2.2.2.1. Módulos de salidas o entradas analógicas

Para la gama de autómatas S7-1200 existen tres módulos analógicos que nos permiten el trabajo con este tipo de señales.

- SM1231: Existe de 4 u 8 entradas analógicas.
- SM1232: Puede ser de 2 o 4 salidas analógicas.
- SM1234: Con 4 entradas analógicas y 2 salidas también analógicas.

Figura 5. Módulo SM 1231de 4 entradas analógicas

Además de los SM también existen Signal Boards:

- SB1231: Con una entrada analógica.
- SB1232: Con una salida analógica.

Figura 6. Colocación de SB1232 en el autómata

Vamos a ver cómo son los borneros de conexión de los distintos módulos

1. **Módulo entradas analógicas SM1231**

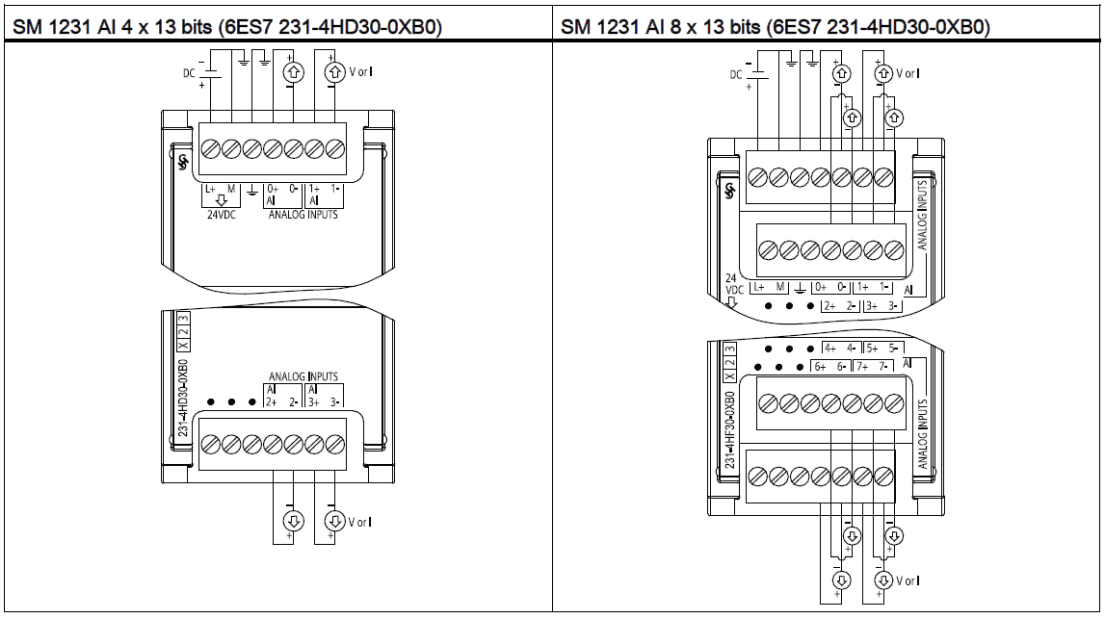


Figura 7. SM1231. Módulos de cuatro y ocho entradas analógicas

2. **Módulos salidas analógicas SM1232**

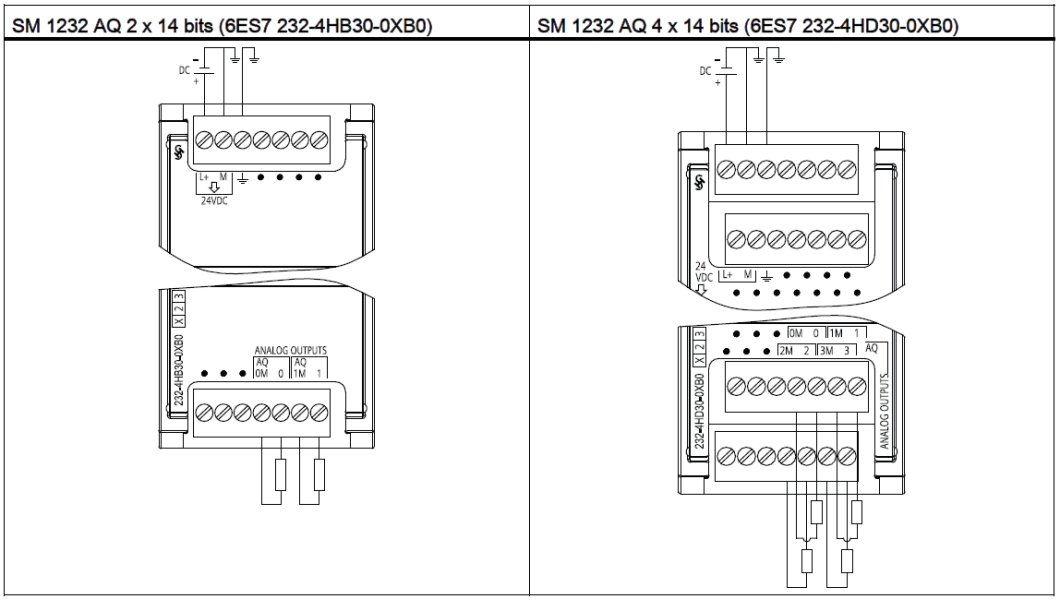


Figura 8. SM1232. Módulos de dos y cuatro salidas analógicas

3. **Módulo de entradas y salidas analógica SM1234**

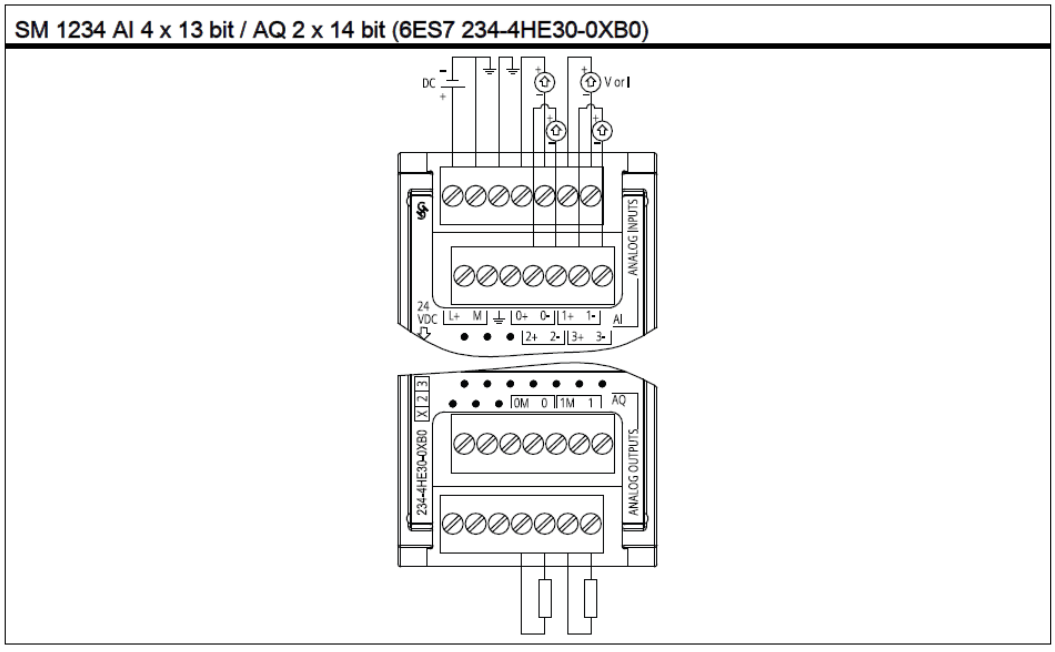


Figura 9. SM1234. Módulo de cuatro entradas y dos salidas analógicas

4. Módulo de entrada analógica SB1231

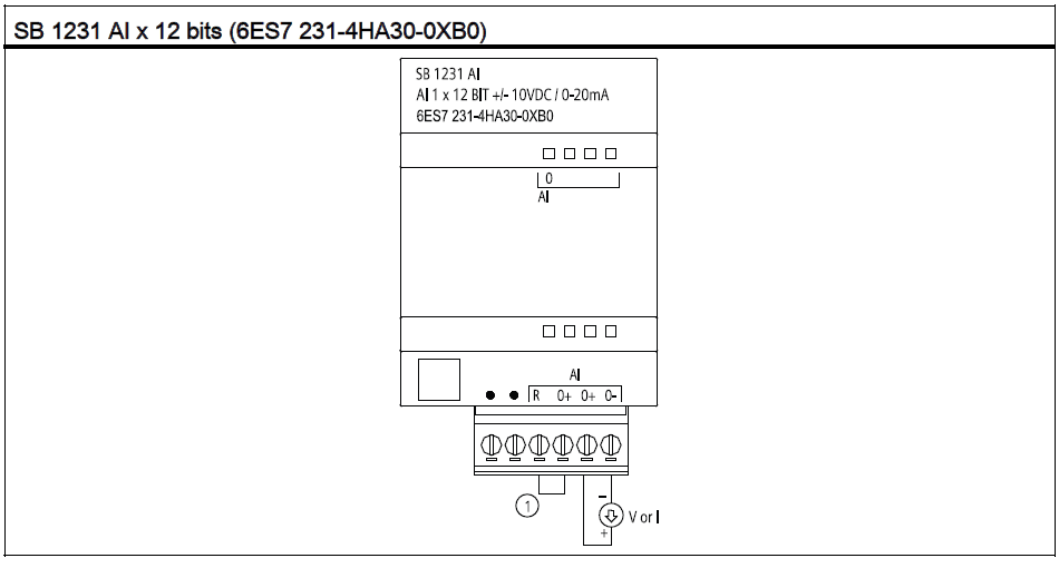


Figura 10. SM1231. Módulo de una entrada analógica

5. Módulo de salida analógica SB1232

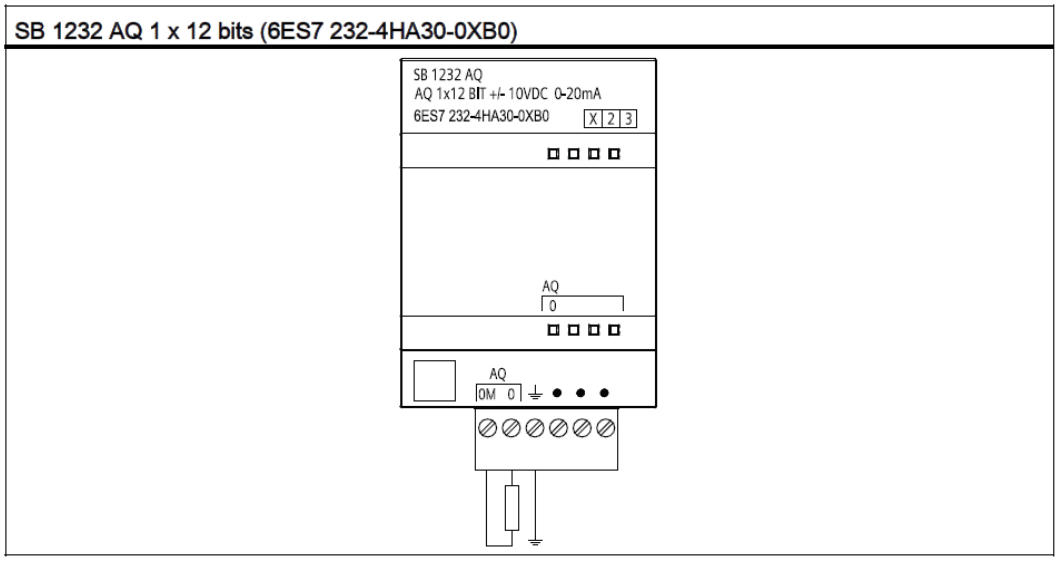


Figura 11. SM1232. Módulo de una salida analógica

El direccionamiento de entradas y salidas analógicas se realizará a través de la configuración del hardware.

Veamos, a continuación, un ejemplo que ilustre la configuración del hardware y el direccionamiento.

Imaginemos que queremos añadir a nuestro autómata 4 entradas analógicas. En primer lugar tendremos que comprar el módulo correspondiente y conexionarlo físicamente con nuestro autómata:

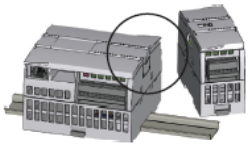
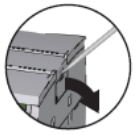
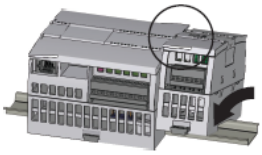
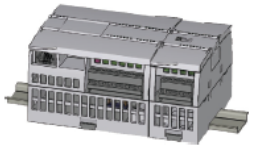
Tarea	Procedimiento
 	El SM se monta una vez montada la CPU. 1. Asegúrese de que la CPU y todo el equipamiento S7-1200 están desconectados de la tensión eléctrica. 2. Retire la tapa del conector en el lado derecho de la CPU. 3. Inserte un destornillador en la ranura arriba de la tapa. 4. Haga palanca suavemente en el lado superior de la tapa y retírela. Guarde la tapa para poder reutilizarla.
	Conecte el SM a la CPU: 1. Coloque el SM junto a la CPU. 2. Enganche el SM por el lado superior del perfil DIN. 3. Extraiga el clip de fijación inferior para colocar el SM sobre el perfil. 4. Gire el SM hacia abajo hasta su posición junto a la CPU y oprima el clip de fijación inferior para enclavar el SM en el perfil.
	Al extender el conector de bus se crean las conexiones mecánicas y eléctricas para el SM. 1. Coloque un destornillador junto a la lengüeta en el lado superior del SM. 2. Desplace la lengüeta por completo hacia la izquierda para extender el conector de bus hacia la CPU. Siga el mismo procedimiento para montar un módulo de señales en otro módulo de señales.

Figura 12. Explicación de catálogo Siemens sobre como montar un SM

En segundo lugar tendremos que configurar el hardware en el programa TIA Portal:

1. Con el 1200 ya insertado en el proyecto, iremos a “Dispositivos y Redes” y seleccionaremos la opción “Vista de dispositivos”.

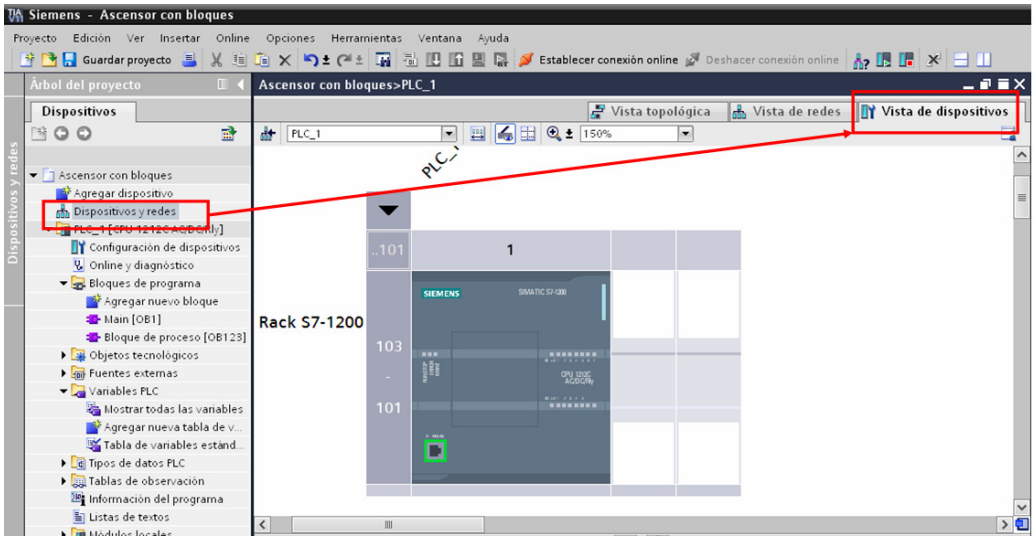
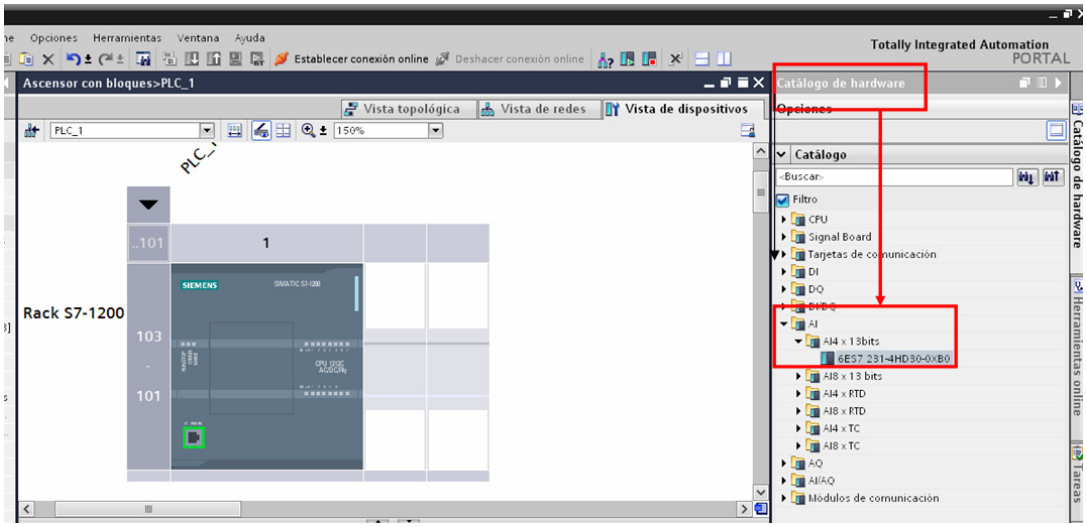


Figura 13. Selección de la vista de dispositivos

2. En la parte derecha de la pantalla nos aparece la ventana de “Catálogo de Hardware”. Aquí seleccionaremos la parte de entradas digitales (AI) y dentro de esta el módulo de 4 entradas:



Observa que al hacer clickar una vez sobre el módulo elegido (6ES7 23-4HD30-0XB0) el programa nos muestra los slot donde podemos colocarlo remarcándolos en azul:

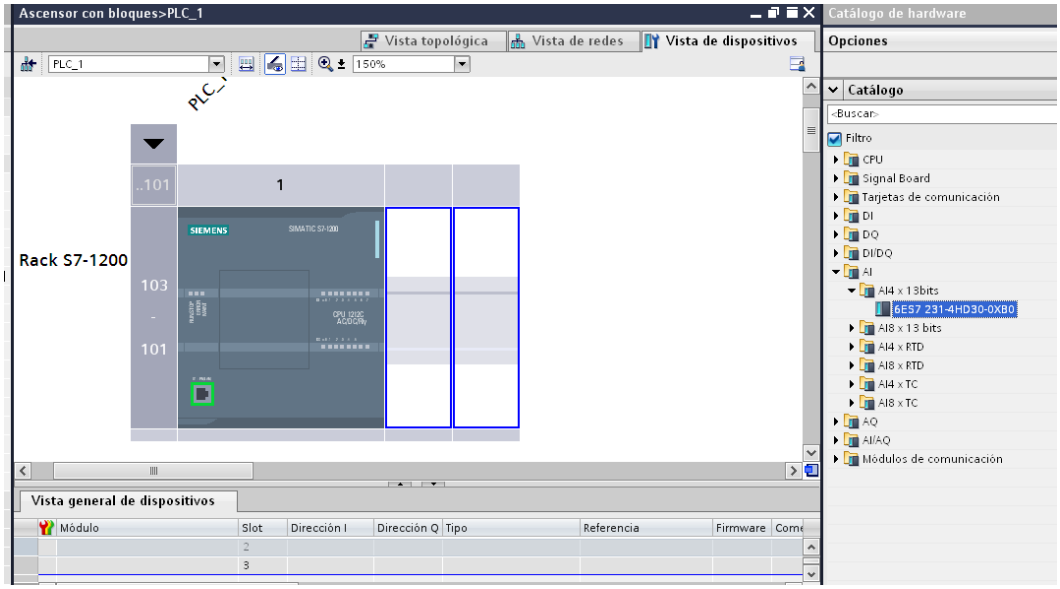


Figura 14. Indicación de los slots en los que se puede colocar el SM

Ahora tenemos dos opciones: arrastrar el SM seleccionada a uno de los slot o hacer doble clik sobre el SM y este se colocará automáticamente en el primer slot libre.

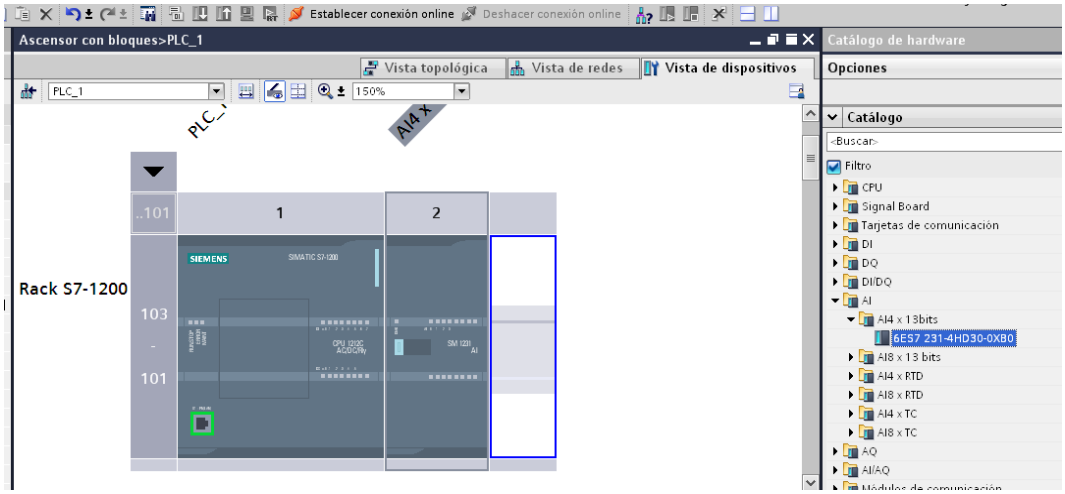


Figura 15. SM 1231 ya integrado en el hardware

3. Por último nos quedará conocer el direccionamiento de las señales analógicas de este nuevo módulo. En la "Vista general de dispositivos" podemos ver las direcciones que automáticamente le asigna el programa:

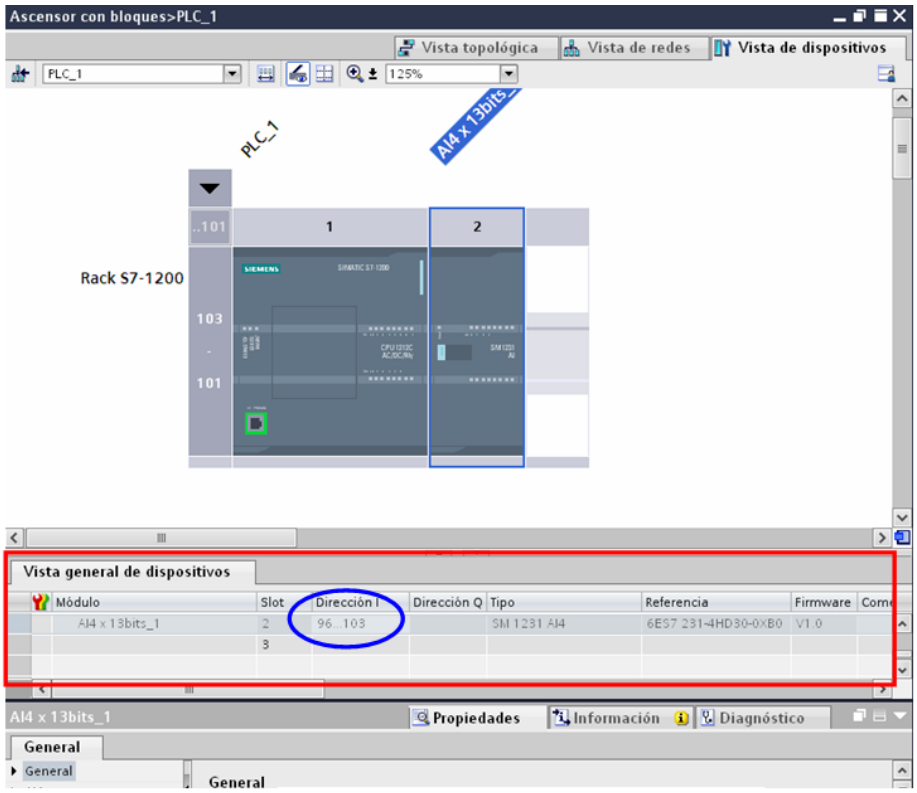


Figura 16. Direccionamiento automático de las entradas

Las direcciones que nos adjudica el programa automáticamente podemos modificarlas clickando sobre los valores dados, en este caso 96..103, e introduciendo los nuevos.

1.2.2.2.2. Módulos analógicos de termorresistencias

Un tipo especial de señales analógicas son las relacionadas con la medición de temperaturas.

En la gama de autómatas S7-1200 existen dos tipos de módulos para poder tomar valores analógicos procedentes de sondas de temperatura.

Estos módulos se caracterizan por el tipo de sonda que se conecta al mismo.

Los tipos de sondas utilizables son los **termopares** y las **termorresistencias**. De esta forma, los módulos analógicos derivados de las mismas serán el módulo **SM1231 de termopar** y el módulo **SM1231 RTD.**

La apariencia y el tamaño de estos módulos es similar a la ya vista para los módulos analógicos anteriores. Lo mismo ocurre en lo referente a la forma de conectar dichos módulos al autómata.

Veamos ahora cómo se conectan las sondas en los módulos apropiados para cada caso.

En el caso de los termopares:

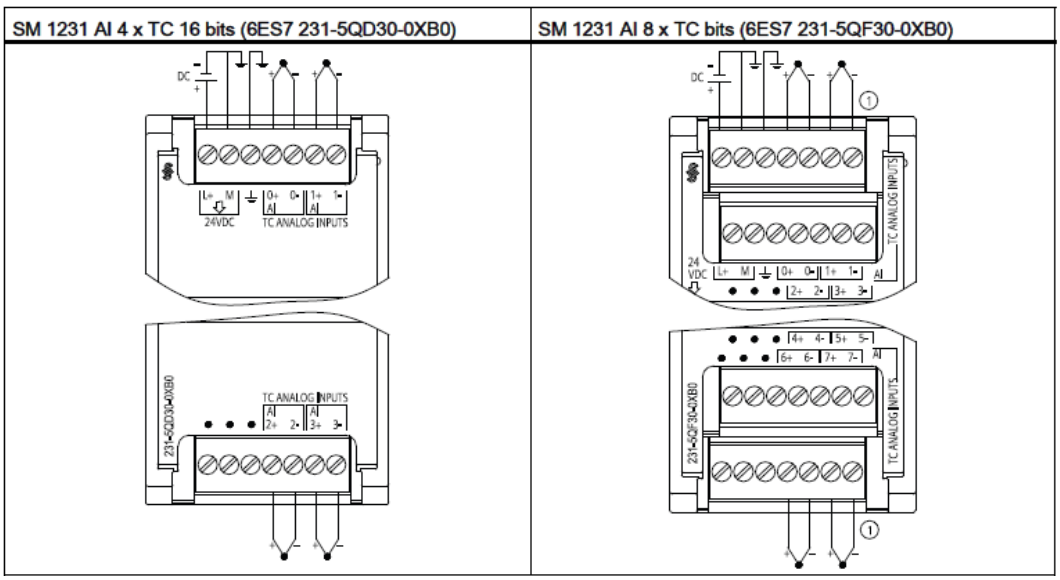


Figura 17. SM1231. Módulos termopar de cuatro y ocho entradas analógicas

Podemos elegir entre varios tipos de termopar, cada uno corresponde a una sensibilidad diferente. Cada canal analógico del módulo termopar es asociado a la correspondiente entrada analógica, tal y como ya vimos en el caso de los otros módulos analógicos.

En la siguiente tabla podemos ver esta correspondencia, así como las temperaturas más adecuadas a cada tipo de termopar.

Tipo	Rango de saturación mínimo[1]	Rango nominal límite inferior	Rango nominal límite superior	Rango de saturación máximo[2]	Exactitud rango [3, 4] normal a 25 °C	Exactitud rango [1, 2] normal de 0 °C a 55 °C
J	-210,0°C	-150,0°C	1200,0°C	1450,0°C	±0,3°C	±0,6°C
K	-270,0°C	-200,0°C	1372,0°C	1622,0°C	±0,4°C	±1,0°C
T	-270,0°C	-200,0°C	400,0°C	540,0°C	±0,5°C	±1,0°C
E	-270,0°C	-200,0°C	1000,0°C	1200,0°C	±0,3°C	±0,6°C
R & S	-50,0°C	100,0°C	1768,0°C	2019,0°C	±1,0°C	±2,5°C
N	-270,0°C	-200,0°C	1300,0°C	1550,0°C	±1,0°C	±1,6°C
C	0,0°C	100,0°C	2315,0°C	2500,0°C	±0,7°C	±2,7°C

Figura 18. Correspondencias y temperaturas de cada tipo de termopar

Para seleccionar el tipo de termopar deberemos de hacerlo desde las propiedades del elemento:

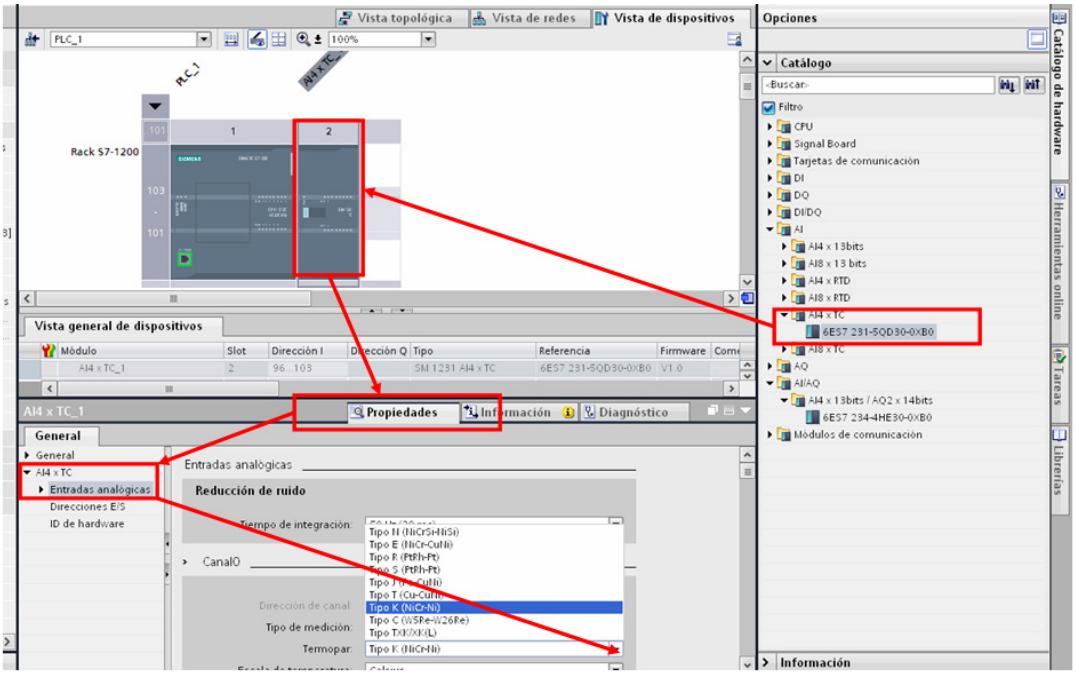
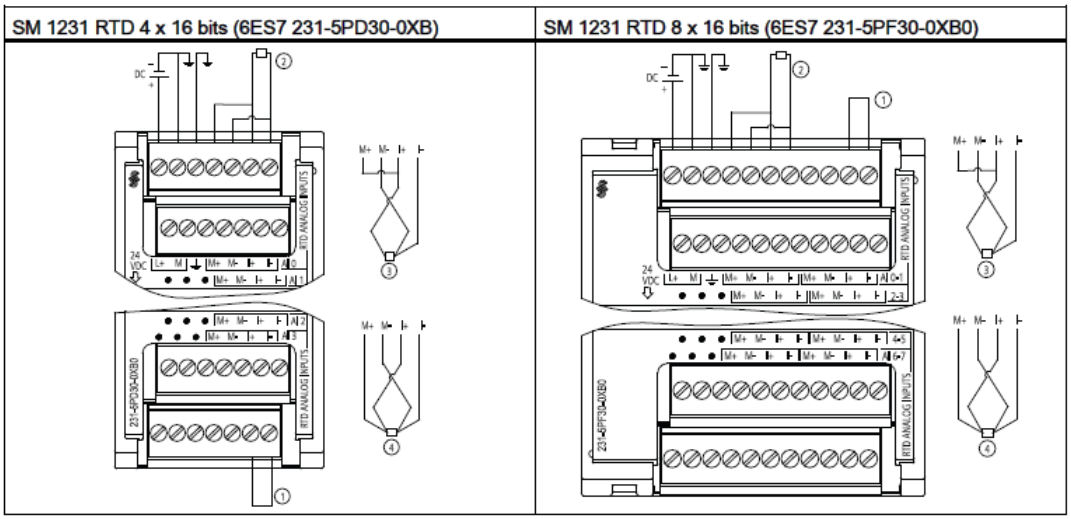


Figura 19. Selección del tipo de termopar.

En el caso de las termorresistencias:

Las conexiones de las sondas en este módulo son así:



① Entradas de bucle RTD no utilizadas
② RTD de dos hilos ③ RTD de tres hilos ④ RTD de cuatro hilos

Figura 20. SM231. Conexión de termorresistencias

Una vez instalada la tarjeta de entradas o salidas analógicas, independientemente de si son de tipo RTD, termopar o "normales", hemos de determinar cuáles son sus respectivas direcciones, como vimos en el ejemplo anterior. Después, solo nos queda programar, para hacer uso de las mismas.

Una de las termorresistencias más utilizadas es la PT100. Está fabricada a partir de platino y el valor 100 indica la resistencia en ohmios que presenta a 0 ºC.

1.2.3. ESCALADO DE SEÑALES ANALÓGICAS

ESCALADO DE UNA ENTRADA ANALOGICA DE 4 A 20 mA

Vamos a realizar el escalado de una entrada analógica (IW4) cuya señal eléctrica nos va a variar de 4 a 20 mA.

Esto significa que en la entrada IW4 vamos a tener un valor mínimo de 6400 y un valor máximo de 32000. Queremos escalarlo para tener en resultado de la señal analógica en tanto por ciento, es decir, de 0 a 100 %.

Por lo tanto vamos a partir desde la siguiente gráfica.

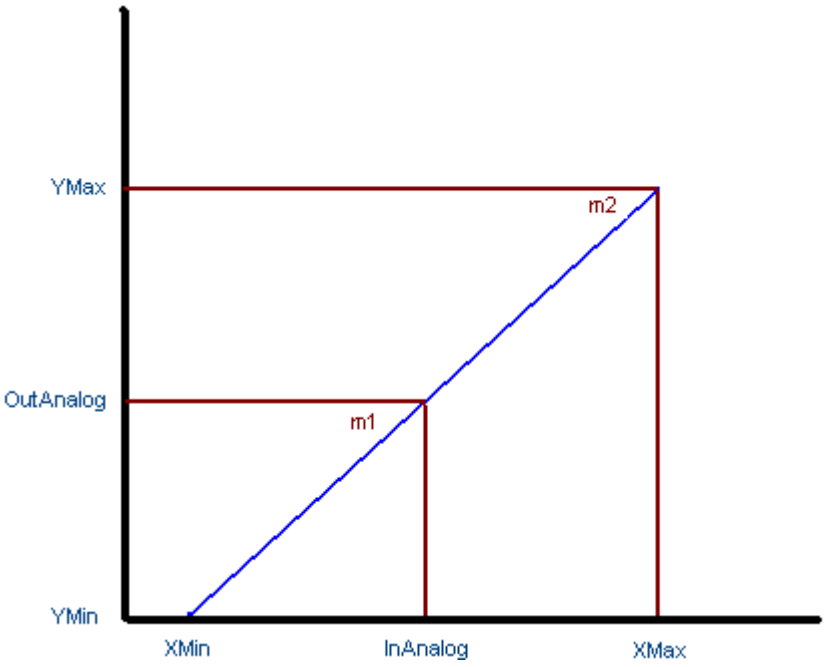


Figura 21. Grafica de una señal analógica de 4 a 20 mA.

Explicamos la nomenclatura de la gráfica.

InAnalog = Valor de entrada analogica (IW4)

XMax = Valor límite superior de la escala para el valor de entrada analógico (32000)

XMin = Valor límite inferior de la escala para el valor de entrada analógico (6400)

YMax = Valor límite superior de la escala para el valor de salida escalado (100%, porque queremos la salida en tanto por ciento)

YMin = Valor límite inferior de la escala para el valor de salida escalado (0%, porque queremos la salida en tanto por ciento)

OutAnalog = Valor de salida escalado (resultado del escalado en %)

Figura 22. Leyenda

A partir de la gráfica podemos sacar la formula que tenemos que programar en el PLC para poder escalar la entrada analógica a la salida que nos interese, en este caso en tanto por ciento.

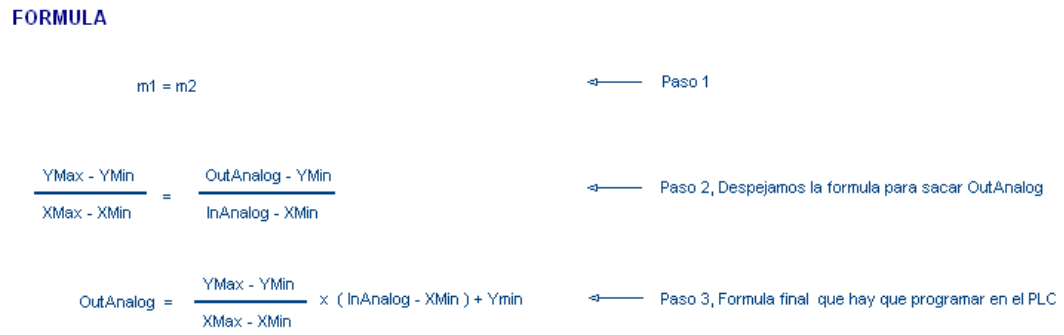


Figura 23. Formula

Ahora vamos a ir pasando la formula a líneas de programa en el PLC, por lo tanto lo primero que haremos es crearnos un DB, por ejemplo el DB1, donde crearemos dentro del mismo las variables que vamos a necesitar para ir gestionando la formula.

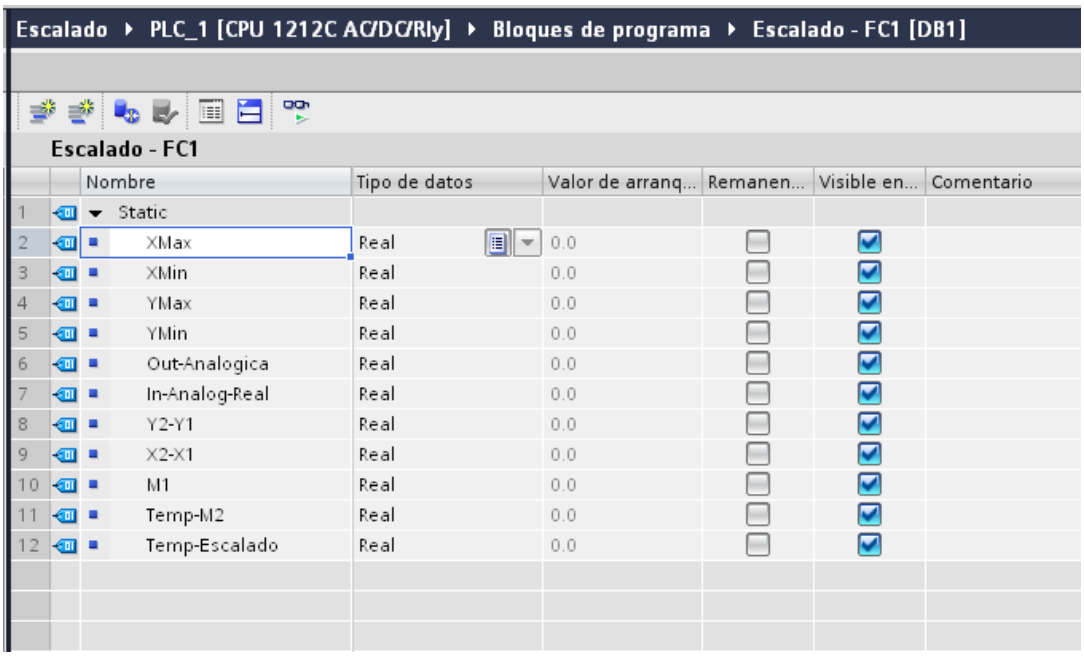


Figura 24. Creamos las variables en el DB1

Vamos a ir viendo los pasos segmento a segmento. Lo primero que vamos hacer es cargar los valores constantes a cada variable correspondiente.

Cargamos los valores de XMax y de XMin.

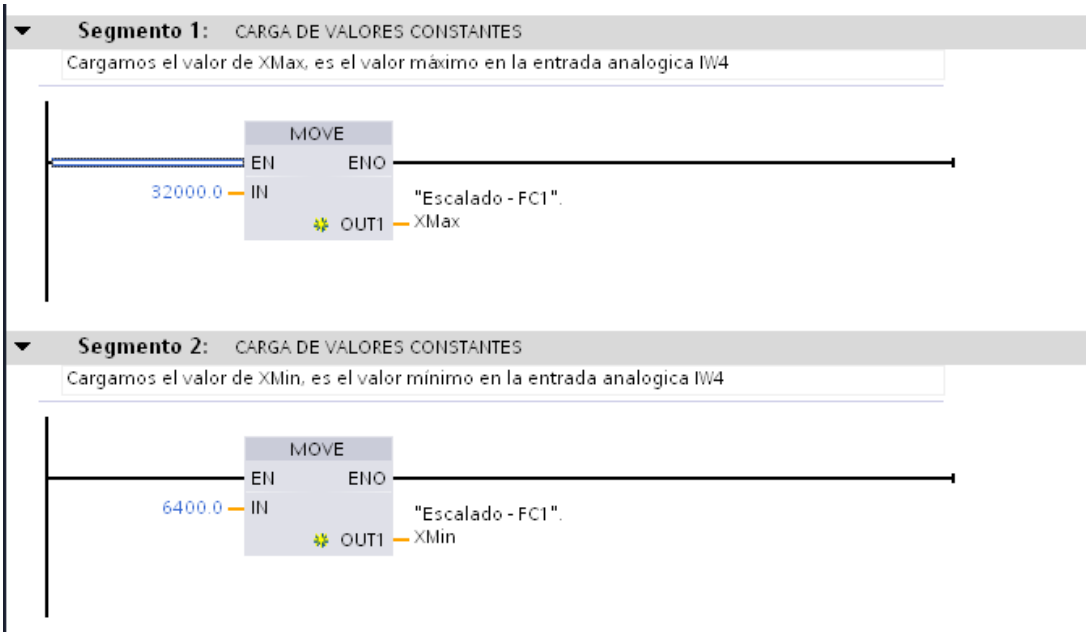


Figura 25. Carga de valores.

Cargamos los valores a Y_{Max} y Y_{Min}.

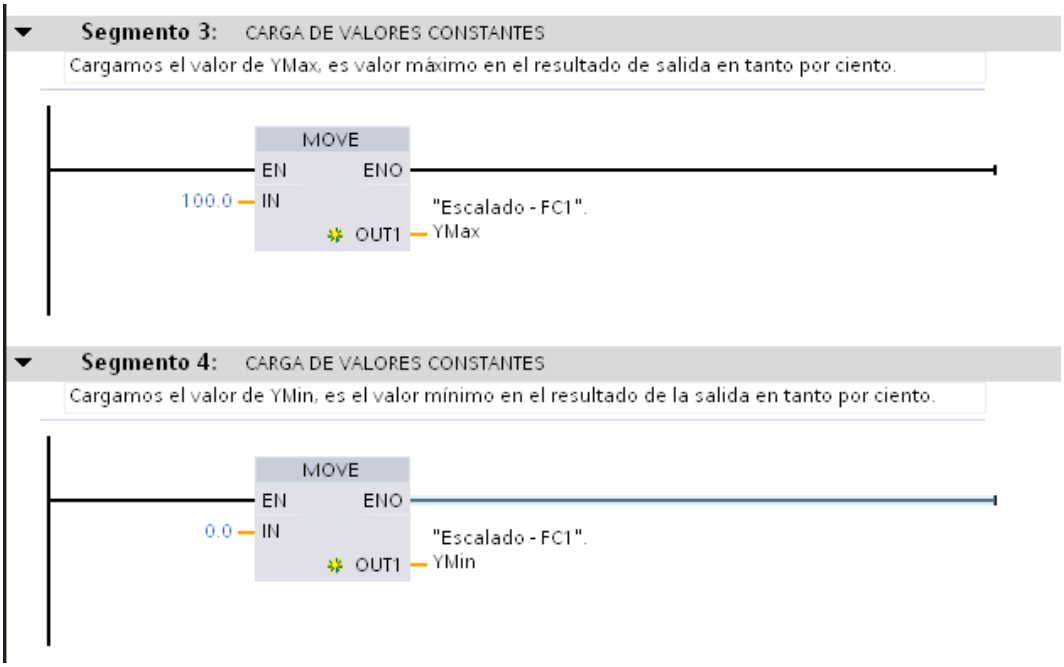


Figura 26. Carga de valores.

Una vez que ya tenemos la carga de los valores con los que vamos trabajar y el resultado del escalado en el que lo queremos (en este caso en %), el siguiente paso es pasar el valor de la entrada analógica a real, es decir, el valor de la entrada analógica lo tenemos en entero y necesitamos pasarlo a real para poder trabajar con decimales.

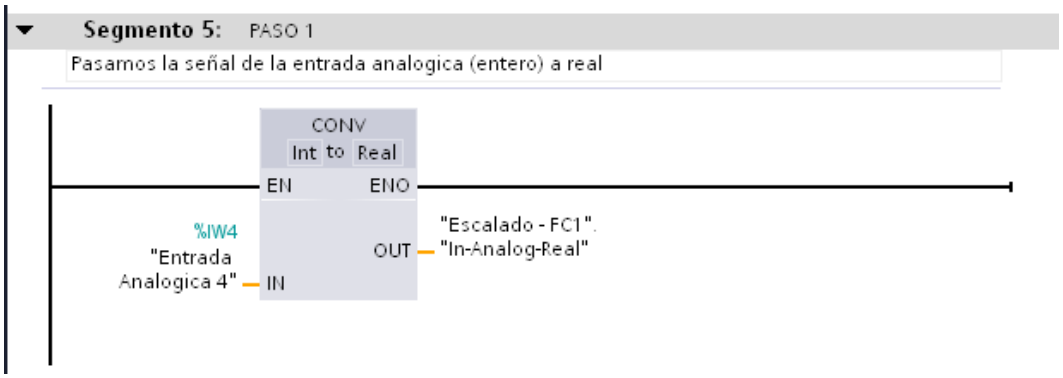
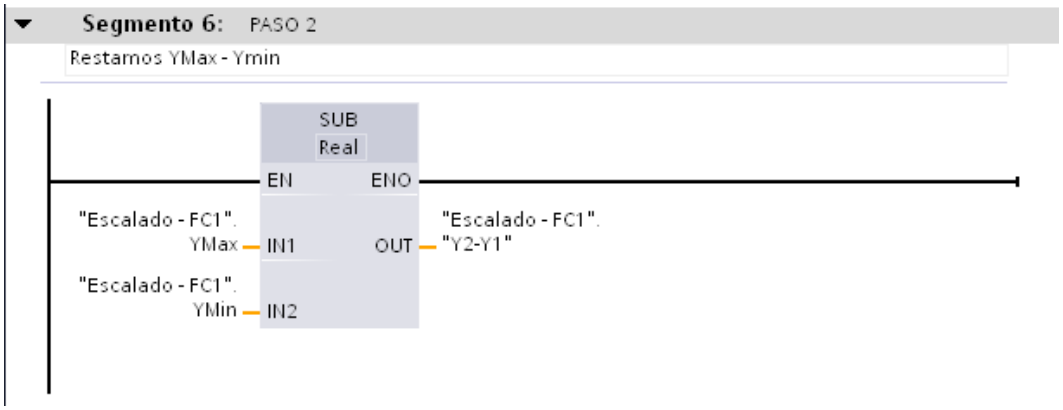


Figura 27. Pasar a real la entrada analógica.

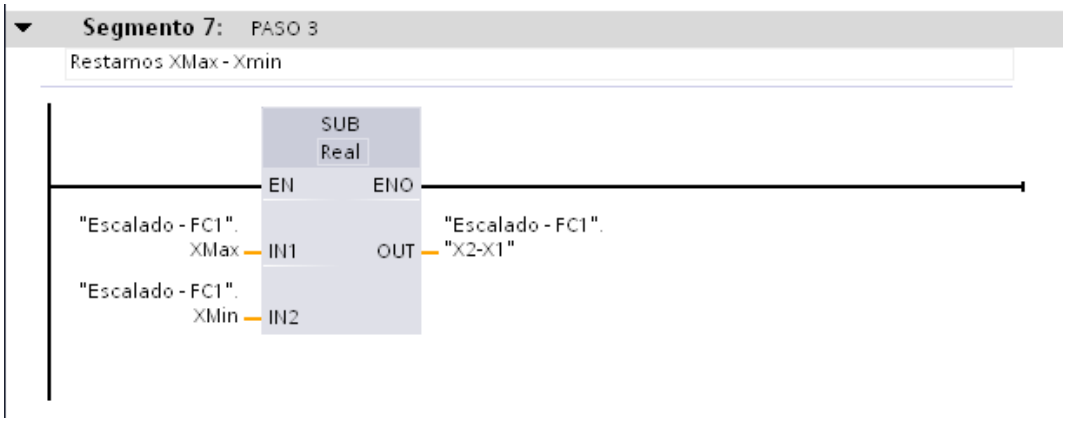
A partir de aquí ya estamos preparado para empezar a aplicar la formula, vamos a ejecutar en tres segmentos la primera parte de la formula:

$$OutAnalog = \frac{YMax - YMin}{XMax - XMin} \times (InAnalog - XMin) + Ymin$$

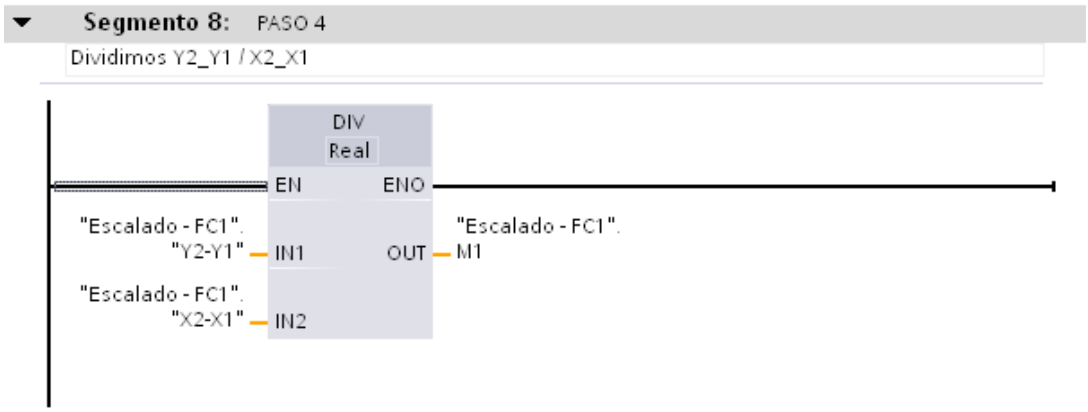
Hacemos la resta superior, el resultado lo guardamos en una variable diferente declarada en real en el DB1



Hacemos la resta inferior, el resultado lo guardamos en una variable diferente declarada en real en el DB1.

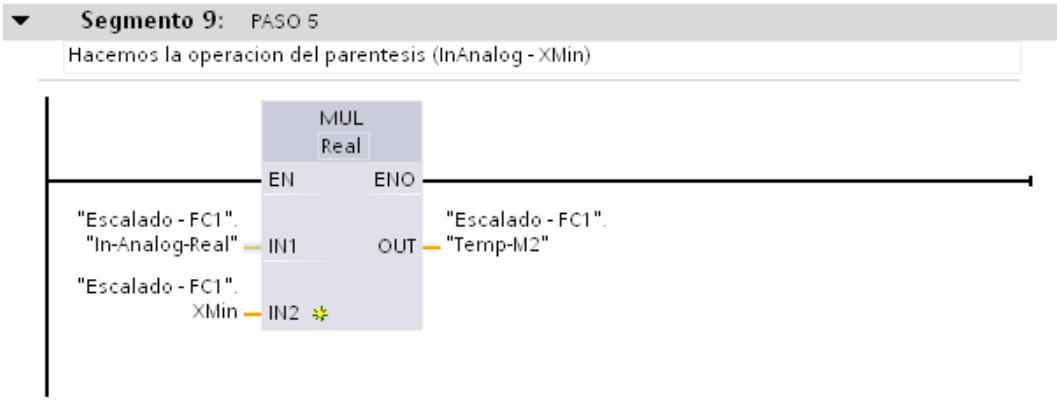


Hacemos la división con el resultado de las restas y el resultado lo guardamos en una variable diferente declarada en real en el DB1

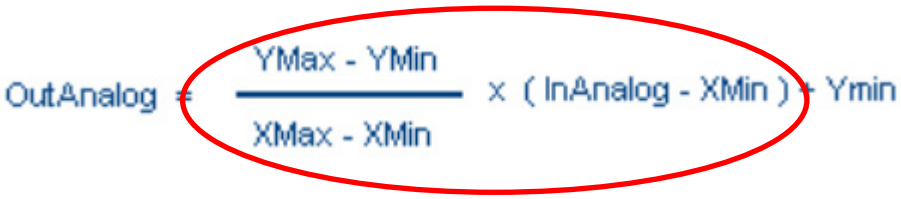


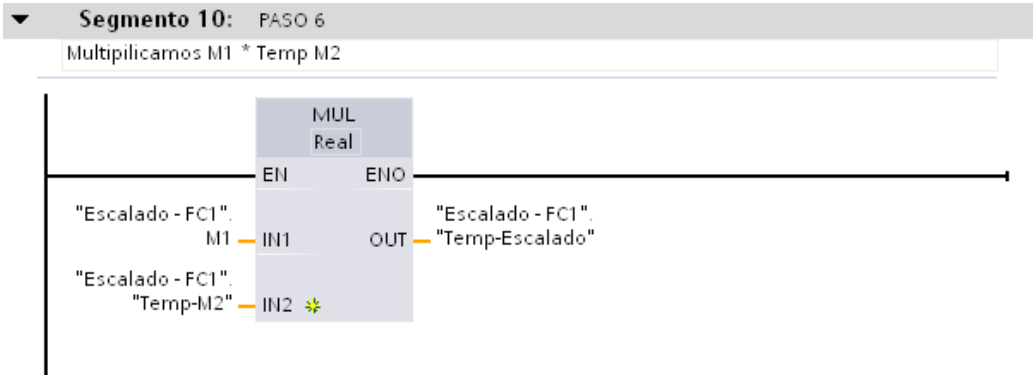
Ahora haremos la resta que tenemos en la formula dentro del paréntesis.

$$OutAnalog = \frac{YMax - YMin}{XMax - XMin} \times (InAnalog - XMin) + Ymin$$

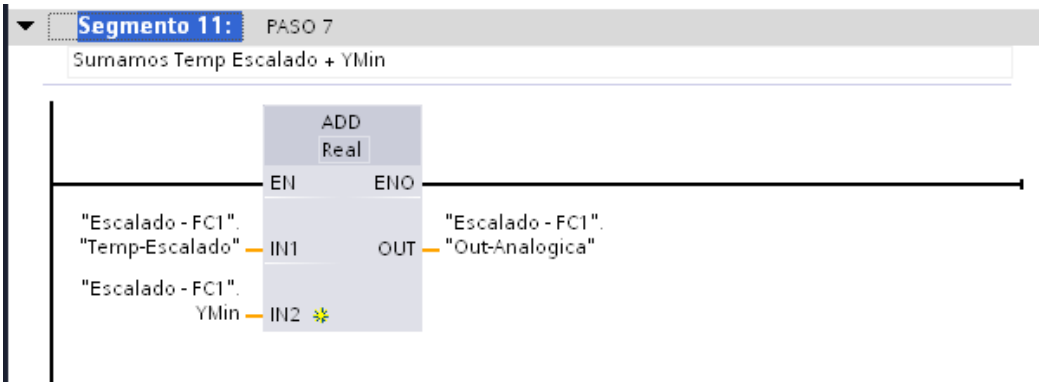


Ahora multiplicaremos el resultado de la multiplicación con el resultado de la resta del paréntesis guardando el resultado en una variable diferente declarada en real en el DB1.





Y por ultimo sumamos el ultimo valor de la formula para obtener el resultado de nuestra entrada analógica en tanto por ciento (de 0% a 100 %).



Ahora ya en la variable Out-Analógica ya tenemos nuestro valor escalado, nosotros en este ejemplo lo hemos hecho para tenerlo en tanto por ciento porque así es como lo hemos cargado en el inicio en YMax e YMin, sin en lugar de cargar un 0 en min. y un 100 en máx. y cargamos en min. un 10 y en máx. un 50 tendríamos el resultado del escalado nos iría variando entre los valores 10 y 50.

2. CONTADORES RÁPIDOS

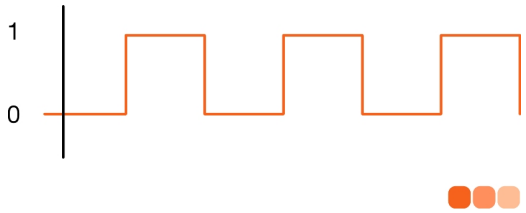
2.1. INTRODUCCIÓN

Como acabamos de ver, el uso de señales analógicas nos permite obtener datos del entorno diferentes a un encendido o apagado.

Es posible hacer llegar hasta el autómata el valor actual de magnitudes como presión, temperatura y en definitiva, cualquier magnitud que podamos medir. Bastará con encontrar el transductor adecuado que convierta la magnitud a una señal eléctrica que varíe en virtud de dicha magnitud, y ya podemos trabajar con ese dato en nuestro autómata.

Sin embargo, esta no es la única forma de aportar a nuestro autómata datos o valores con más información que encendido o apagado.

Esta otra forma son los **trenes de pulsos,** que constan de una serie de bits que que pasan de 0 a 1 en función de un cambio de posición.



Dicho así, tampoco hemos solucionado nada todavía. Necesitamos conocer algo más sobre el origen de los pulsos y sobre el destino de los mismos o la herramienta con la que cuenta el autómata para interpretarlos.

El origen de esos pulsos es un dispositivo denominado ***encoder,*** y el destino de dichos pulsos se denomina **contador rápido**.

El *encoder* es un sensor que transforma un movimiento circular o rectilíneo en una sucesión de pulsos, es decir, de ceros y unos.

Para que esos pulsos tengan sentido es preciso contarlos, y de eso se encargan los contadores rápidos que tiene definidos el autómata S7-1200, y que conoceremos en esta unidad.

2.2. *ENCODER*

Cuando se necesita hacer un control detallado del movimiento de determinado elemento de una máquina, ya sea lineal o angular, no es suficiente con los finales de carrera que podemos instalar en los extremos del recorrido, pues estamos dejando escapar mucha información.

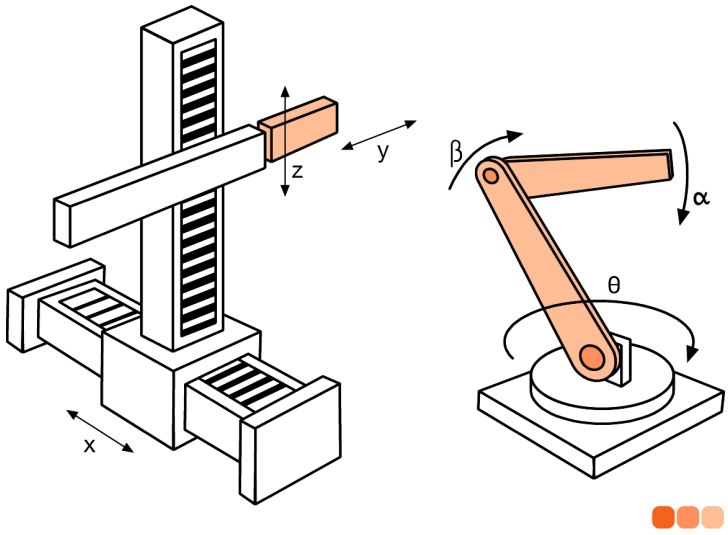


Figura 28. Movimiento lineal y angular

Si bien se han desarrollado multitud de sistemas de tipo electromecánico basados en levas y finales de carrera, la solución a este problema viene dado de la mano del ***encoder.***

El *encoder* es un dispositivo electrónico optoacoplado que convierte una variación de posición de un lector óptico en un pulso eléctrico. La variación en la lectura óptica se hace por intermediación de una lámina o disco ranurados.

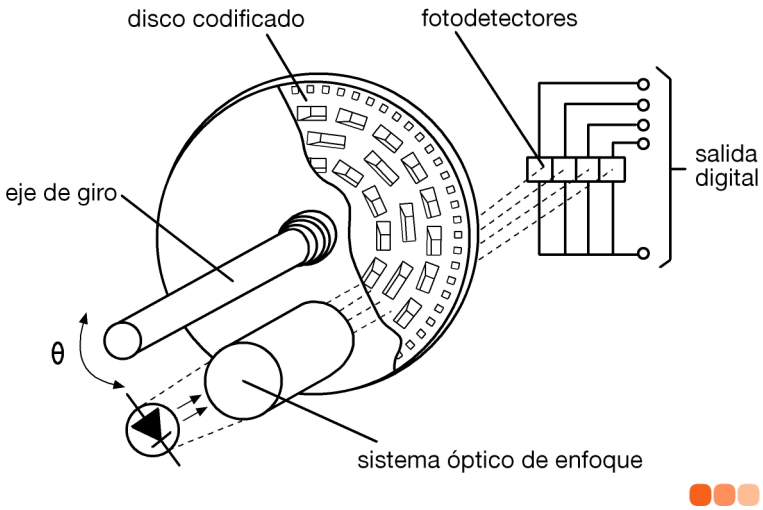


Figura 29. Funcionamiento de un *encoder* absoluto

El eje de giro está unido mecánicamente al dispositivo cuyo desplazamiento queremos medir.

Figura 30. *Encoder*

Los más habituales son de desplazamiento angular, pero también los hay de desplazamiento lineal.

Atendiendo al modo de aportar la información-posición, existen dos tipos de *encoders*: *encoder* incremetal y *encoder* absoluto.

El ***encoder* incremental** se basa en la generación de un tren de pulsos que se van contando en el autómata a partir de una puesta a cero para obtener una posición.

El ***encoder* absoluto** codifica en un formato de tipo binario la posición en la que está en todo momento, por lo que no es necesario contar pulsos, sino leer el código de posición.

En el autómata S7-1200 trabaja tanto con *encoder* incrementales como absolutos.

Profundizaremos en la parte del encoder incremental por ser la más significativa.

2.3. EL *ENCODER* INCREMENTAL

Los *encoders* incrementales son probablemente el tipo más común de *encoder* utilizado en la industria, por la gran variedad de aplicaciones que su uso abarca.

Cada *encoder* incremental tiene en su interior un disco, marcado con una serie de líneas uniformes a través de una única pista alrededor de su perímetro, las líneas impermeables a la luz de anchura igual a los huecos transparentes.

Trabajando con una unidad emisora de luz y una unidad de captación de la misma, al girar el disco, se generan unas señales que debidamente tratadas dan lugar a un tren de pulsos, que son las señales de salida del *encoder* incremental.

Entre la fuente de luz y el fotodiodo se intercala un disco de vidrio (disco de impulsos) delgado y cuidadosamente tallado con finos trazos.

Como su construcción permite una gran precisión, en el disco se tallan muchas marcas. El número de marcas o ranuras depende de la precisión que vaya a tener el *encoder*, pero no son menos que un par de cientos, y normalmente unos cuantos miles.

Uno de los parámetros que mejor definen la calidad de un *encoder* es el número de ranura del disco por vuelta, que en catálogo recibe el nombre de *pulsos por vuelta*.

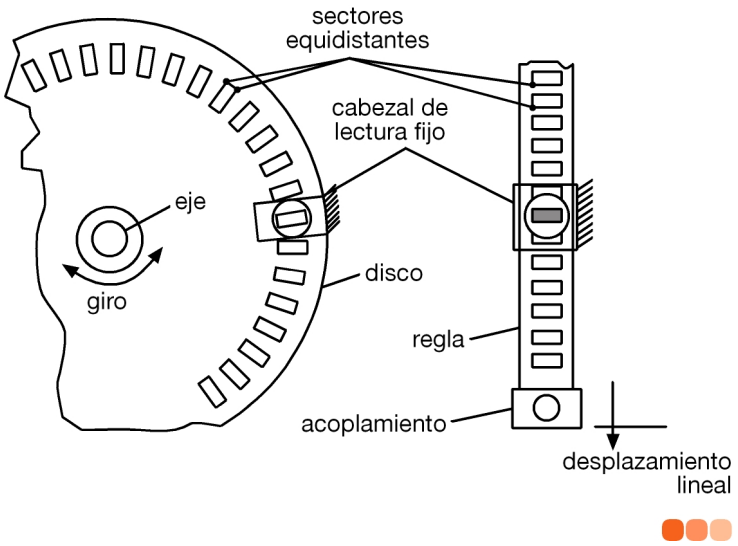
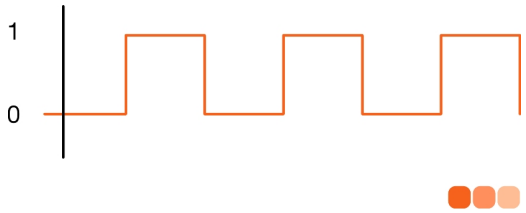


Figura 31. Disco y regla utilizados en los *encoders* incrementales

Si no tenemos más que un fotorreceptor, únicamente podemos generar un tren de pulsos.



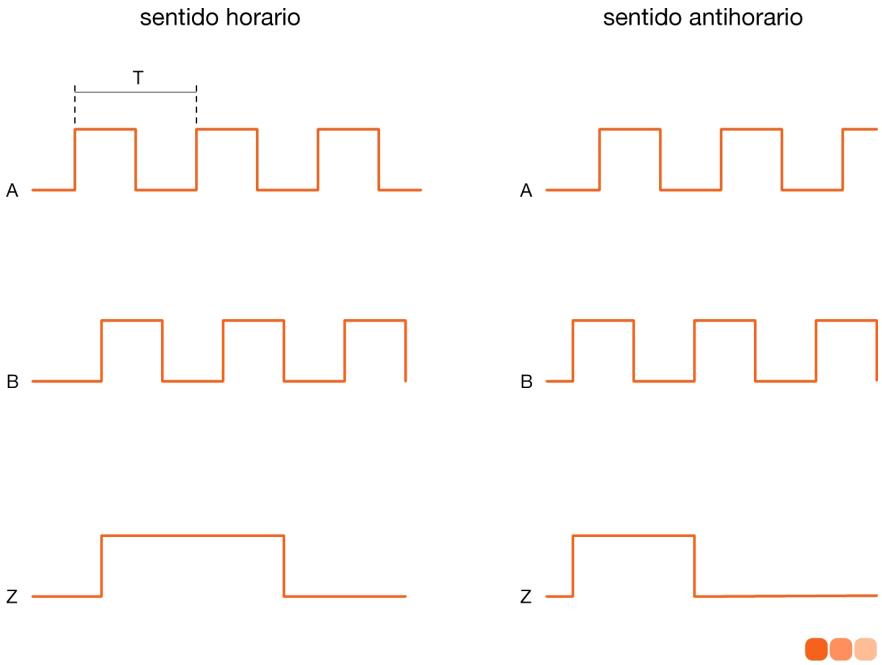
Para poder indicar el sentido de giro será necesario insertar un segundo fotodiodo, si es el caso su correspondiente fuente de luz e incluso si fuese necesario, para ser más independientes, una segunda fila de ranuras en el disco.

Se toman una o varias de estas medidas para integrar en el *encoder* una segunda fuente de pulsos. ¿Para qué? Si se cuida que los flancos de uno de los trenes aparezcan cuando ya se ha producido el de su compañero, la observación simultánea de la evolución de ambas señales permite determinar en qué sentido se está produciendo el giro. Casi todos los *encoders* incrementales comerciales ofrecen esta prestación.

Esta solución define los denominados canales del *encoder,* que son las líneas que aportan trenes de bits para el contaje de los mismos.

Un *encoder* incremental se caracteriza por sus dos canales, generalmente denominados **canal A** y **canal B.**

Adicionalmente, se le incorpora un tercer canal, denominado **canal Z,** que marca los pasos por cero del disco del *encoder*.



La segunda señal que aparece (canal B) es un tren de impulsos idéntico al que suministra el canal A, pero desfasado 90º respecto de esta.

Esto nos permitirá llevar a cabo el control de diversos posicionamientos o ejes en una máquina, colocando tantos *encoders* como ejes debamos controlar.

2.4. EL *ENCODER* ABSOLUTO

El encoder incremental está basado en la medición de incrementes, el encoder absoluto indica la posición exacta respecto de una posición de referencia.

A partir de esa referencia cada posición tiene su propio código por ello aunque hay un corte de alimentación el encoder seguirá indicando la posición en la que se quedó.

2.5. EL CONTADOR RÁPIDO

Como ya hemos visto, el *encoder* genera un tren de pulsos en función de un cambio de posición; luego, ya tenemos claro el origen del tren de pulsos.

Ahora, se trata de ver la forma de interpretar esos pulsos y convertirlos en un dato útil para nuestro automatismo.

Los **contadores rápidos** cuentan eventos que se ejecutan más deprisa de lo que es posible controlarlos en los ciclos de la CPU. Las CPU S7-1200 disponen de contadores rápidos integrados que cuentan eventos externos a velocidades de hasta 200 kHz sin influir en el funcionamiento de la CPU.

2.5.1. CANTIDAD DE CONTADORES RÁPIDOS

Según la CPU de la que estemos hablando puede tener más o menos contadores rápidos.

CPU S7-1200	Número de HSCs	Denominación HSC
CPU 1211C	3 (con Signal Board digital 4)*	HSC1...3 (y HSC5)*
CPU 1212C	4 (con Signal Board digital 5)*	HSC1...4 (y HSC5)*
CPU 1214C	6	HSC1...6

* con Signal Board DI2/DO2

Figura 32. Número de contadores en cada tipo de CPU

2.5.2. FUNCIONAMIENTO DE CONTADORES RÁPIDOS

Todos los HSCs funcionan de la misma manera en el mismo modo de operación que un contador. Hay cuatro tipos básicos de HSCs:

1. Contador de fase simple con control interno del sentido de contaje.

   En este tipo C es la entrada de reloj y[d] es la entrada de sentido.

2. Contador de fase simple con control externo del sentido de contaje.

   En este tipo C es la entrada de reloj, [d] es la entrada de sentido opcional y [R] es una entrada de inicialización externa opcional.

3. Contador de dos fases con 2 entradas de reloj.

   CU es la entrada de reloj adelante, CD es la entrada de reloj atrás, y [R] es una entrada de inicialización externa opcional. (La inicialización sólo está disponible para el modo de "contaje").

4. Contador A/B.

   A es la entrada de reloj A, B es la entrada de reloj B, y [R] es una entrada de inicialización externa opcional para el modo “contaje”.

Veamos ahora por ejemplo la asignación de entradas de los contadores rápidos para la CPU 1212C.

HSC		Entrada integrada de CPU (0.x)								Entrada de SB (4.x) [3]			
		0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3
HSC 1 [1]	1 fase	C	[d]		[R]					C	[d]		[R]
	2 fases	CU	CD		[R]					CU	CD		[R]
	Fase AB	A	B		[R]					A	B		[R]
HSC 2 [1]	1 fase		[R]	C	[d]						[R]	C	[d]
	2 fases		[R]	CU	CD						[R]	CU	CD
	Fase AB		[R]	A	B						[R]	A	B
HSC 3	1 fase					C	[d]		[R]				
	2 fases					CU	CD		[R]				
	Fase AB					A	B		[R]				
HSC 4	1 fase						[R]	C	[d]				
	2 fases						[R]	CU	CD				
	Fase AB						[R]	A	B				
HSC 5 [2]	1 fase									C	[d]		[R]
	2 fases									CU	CD		[R]
	Fase AB									A	B		[R]
HSC 6 [2]	1 fase										[R]	C	[d]
	2 fases										[R]	CU	CD
	Fase AB										[R]	A	B

Figura 33. Tabla de asignación de entradas para HSC en la CPU 1212C

Para conocer las entradas asignadas en otros modelos de CPU debes de consultar el manual técnico de características.

Veamos, a continuación, algunos conceptos fundamentales.

2.5.2.1. Consideraciones previas

- Cada contador rápido tiene preseleccionadas una serie de entradas, que quedarán configuradas como entradas para contador en el momento que se configure dicho contador.
- La función de cada entrada quedará determinada según el modo de funcionamiento del contador rápido. Este modo lo habremos de seleccionar al configurar dicho contador.
- Una señal de reloj es el tren de impulsos que proporciona un canal de *encoder*.

2.5.3. CONFIGURACIÓN DE CONTADORES RÁPIDOS

Para utilizar un contador rápido, primero hemos de configurarlo en la parte del programa de configuración de hardware.

En primer lugar seleccionaremos la CPU de nuestro programa y en “Propiedades seleccionaremos “Contadores rápidos”:

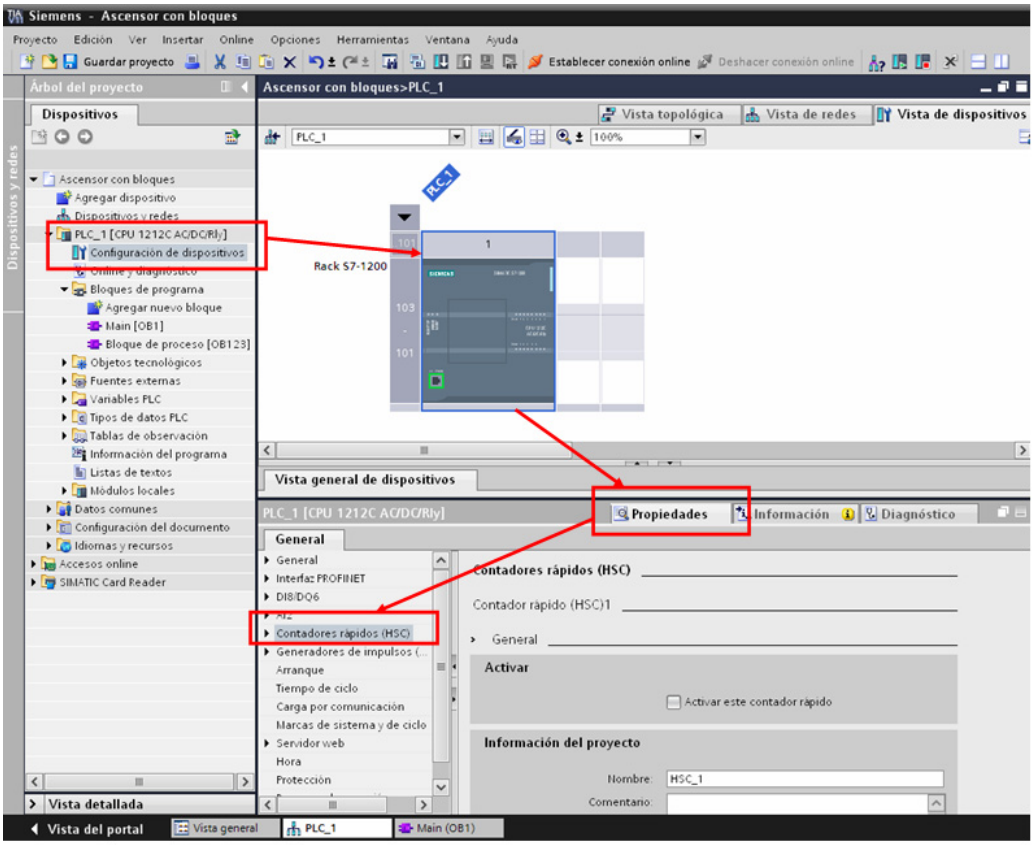


Figura 34. Primer paso para la configuración de un contador rápido

Recuerda que cada modelo de CPU tiene distinto número de contadores.

Al seleccionar “Contadores rápidos (HSC), se abre un desplegable con todos los tipos de contadores:

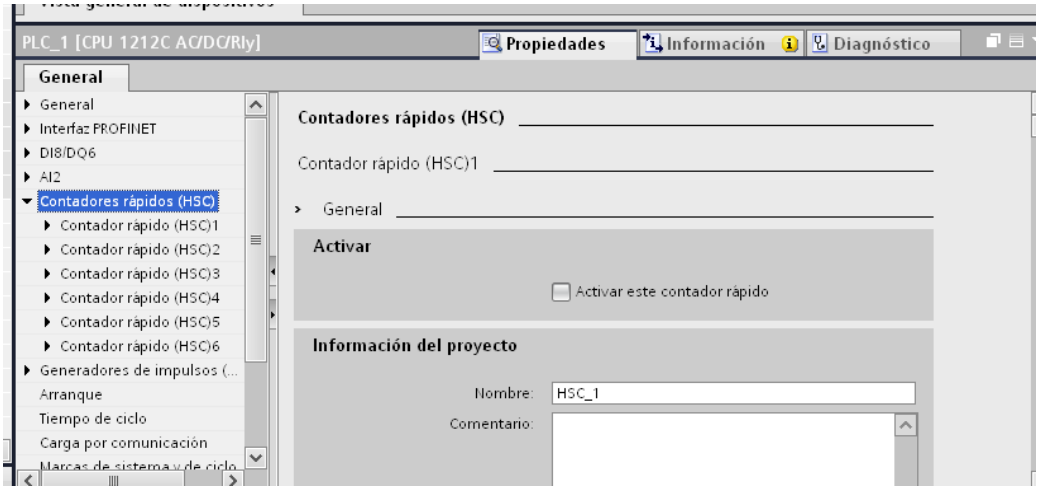


Figura 35. Desplegable de los tipos de contadores

Una vez hayamos seleccionado el tipo de contador rápido hay que Activarlo. En la siguiente figura puedes ver como se activa el HSC3:

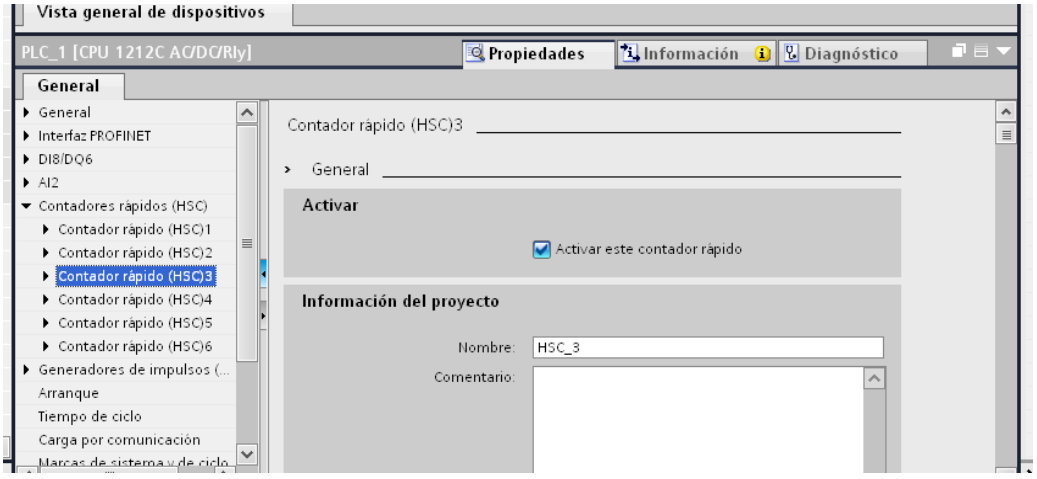


Figura 36. Activación del HSC3

También se le puede cambiar el nombre y añadir comentarios para clarifica a la hora de programar:

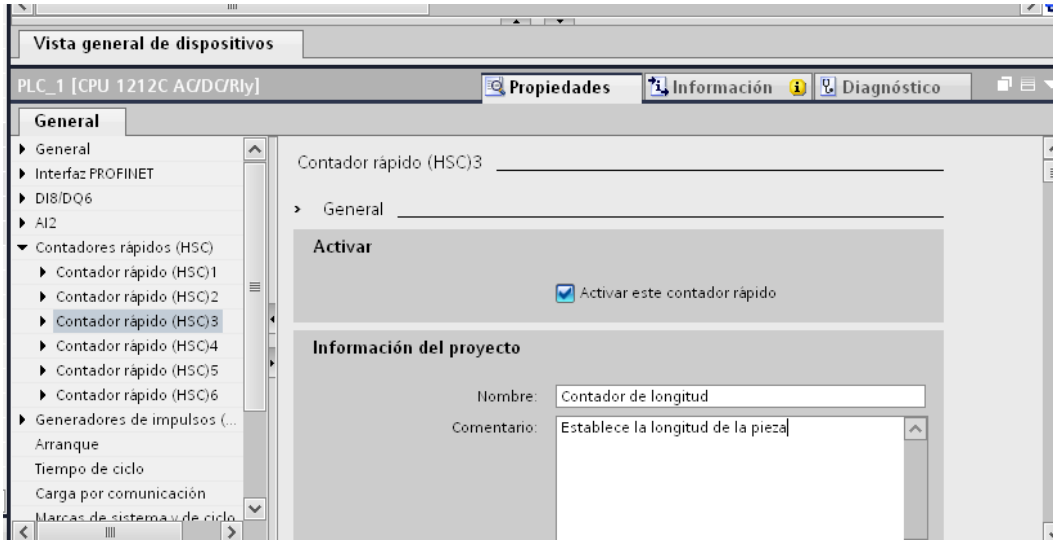


Figura 37. Establecer el nombre del HSC

Una vez activado el contador vamos a proceder a configurarlo. Para ello utilizaremos el apartado de "Función" que está debajo de la parte que acabamos de rellenar.

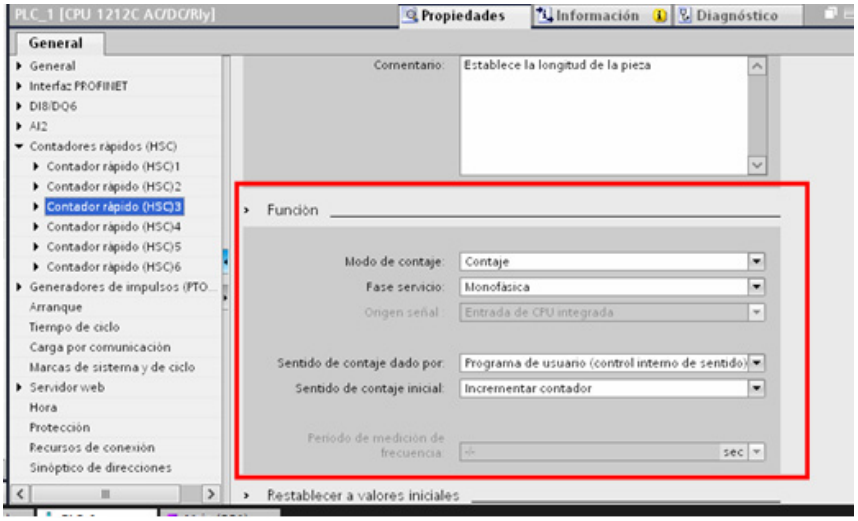


Figura 38. Zona de "Función" del contador

Función

- Modo de contaje. Elegir lo que va a contarse: contaje o frecuencia.
- Fase de servicio. Se selecciona el tipo de contaje y las entradas que deben utilizarse: monofásica, bifásica, contador A/B,…

- Origen señal. Elegir en la lista desplegable entre entradas integradas en la CPU o la de una Signal Board (si previamente ha sido configurada).
- Sentido de contaje. Solo si hemos seleccionado fase de servicio monofásica.
- Sentido de contaje inicial: incrementar o decrementar contador.
- Período de medición de frecuencia. Solo si en modo de contaje hemos elegido frecuencia.

Si seguimos desplazándonos hacia abajo podremos ir viendo el resto de apartados a configurar.

Restablecer a valores iniciales

Valor inicial del contador. Solo si el modo de contaje elegido es “contaje”. Es el valor con el que se empieza a contar.

Valor de referencia inicial. Solo si el modo de contaje elegido es “contaje”. Valor de comparación inicial.

Opciones de reset. Solo si está en modo contaje y con entrada integrada en la CPU. Se inicializa el valor actual.

Configuración de eventos

En esta sección configuraremos el evento que lanzará la alarma y la interrupción de hardware.

Entradas de hardware

En esta sección puedes ver que entradas de hardware y valores se utilizan para el reloj, la determinación del sentido, el impulso de reset y la velocidad de contaje máxima.

Direcciones E/S

Por último hay que asignar la dirección inicial del contador rápido.

Ajuste de valores actuales y predeterminados

La CPU almacena el valor actual de cada contador rápido en una dirección de entrada. En la siguiente tabla puedes ver la dirección correspondiente a cada contador.

HSC	Tipo de datos	Dirección predeterminada
HSC1	DInt	ID1000
HSC2	DInt	ID1004
HSC3	DInt	ID1008
HSC4	DInt	ID1012
HSC5	DInt	ID1016
HSC6	DInt	ID1020

Figura 39. Tabla de direcciones de los valores actuales

Estas direcciones se pueden cambiar modificando las propiedades de la CPU en “Configuración de dispositivos”.

Una vez realizadas la configuración del contador rápido deberemos de cargar la configuración en la CPU.

En primer lugar compilaremos nuestra configuración de hardware, nos situaremos sobre el PLC en el árbol de proyectos y clicaremos con el botón derecho del ratón:

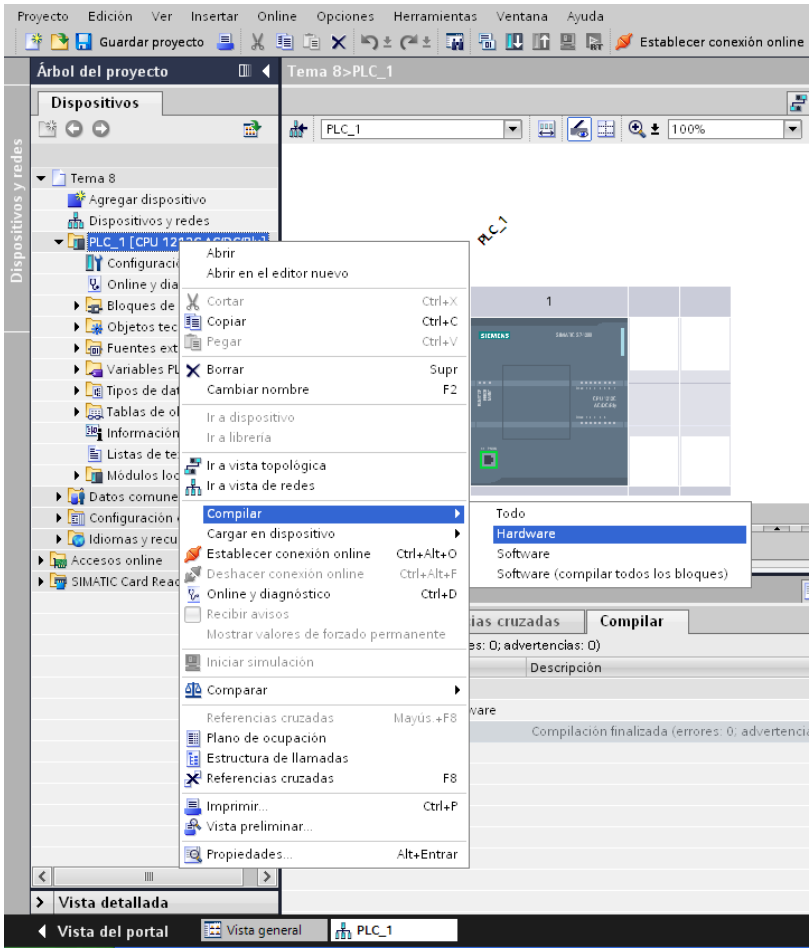


Figura 40. Compilación del hardware

Una vez realizada la compilación procederemos a cargarlo en la CPU, los pasos son los mismos pero eligiendo “Cargar en dispositivo”

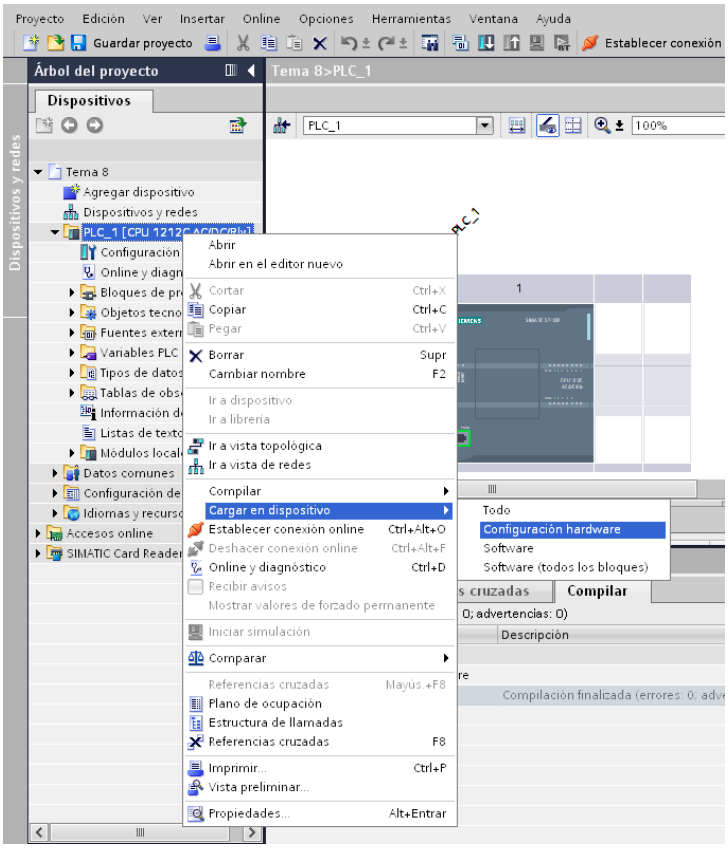


Figura 41. Cargar configuración hardware en la CPU

Estos dos últimos pasos no es necesario realizarlos cada vez que configuremos un contador rápido. Se puede realizar una única compilación y carga de todo lo configurado en nuestro programa de una sola vez.

2.5.4. USO DEL CONTADOR EN EL PROGRAMA

Veamos un ejemplo de uso de un contador:

Imaginemos que queremos encender una bombilla (salida Q0.0) cuando un valor de contaje llegue al valor 75. (Los pulsos de contaje proceden de un encoder)

En primer lugar configuraremos un contador rápido:

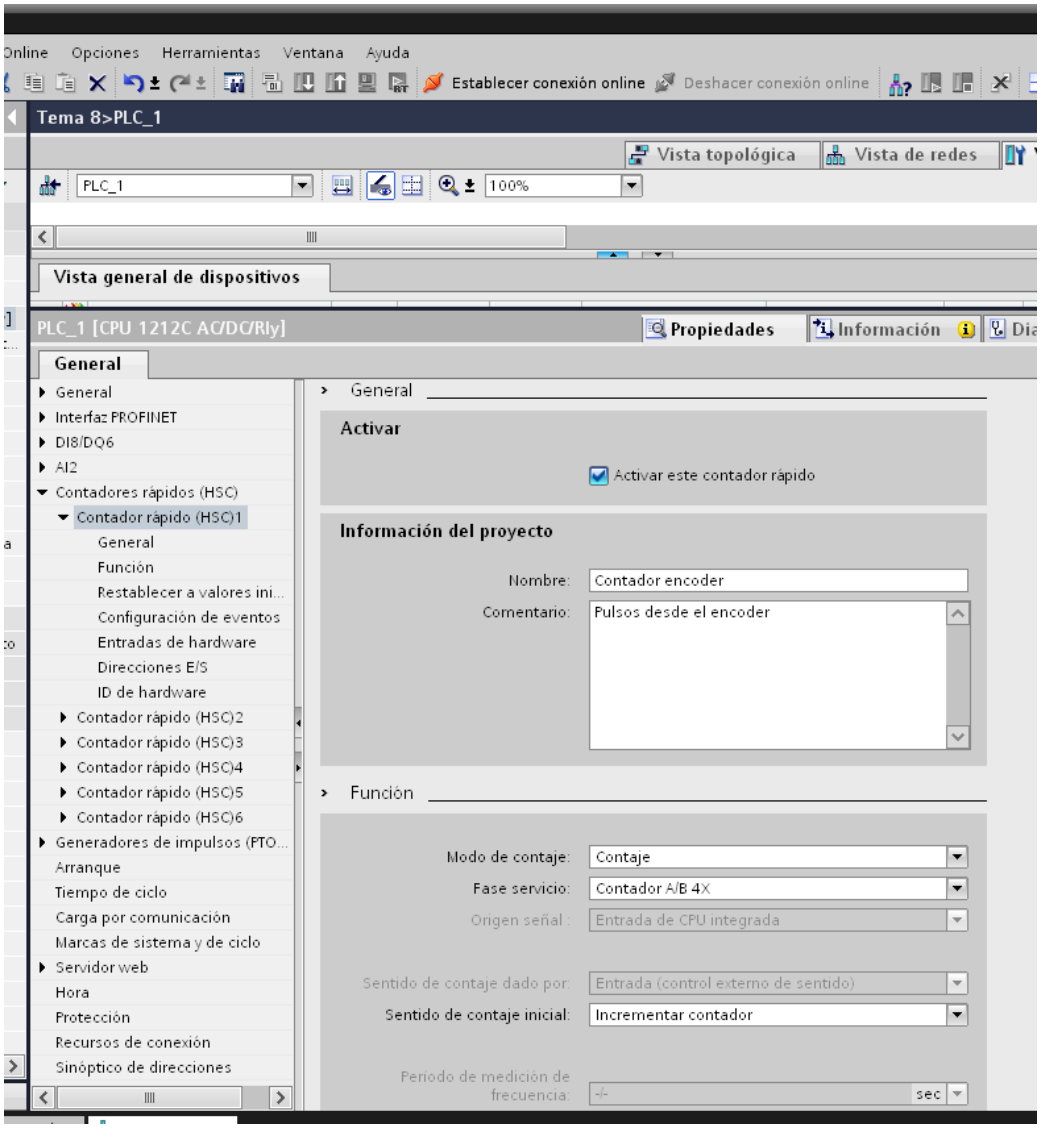


Figura 42. Configuración del contador

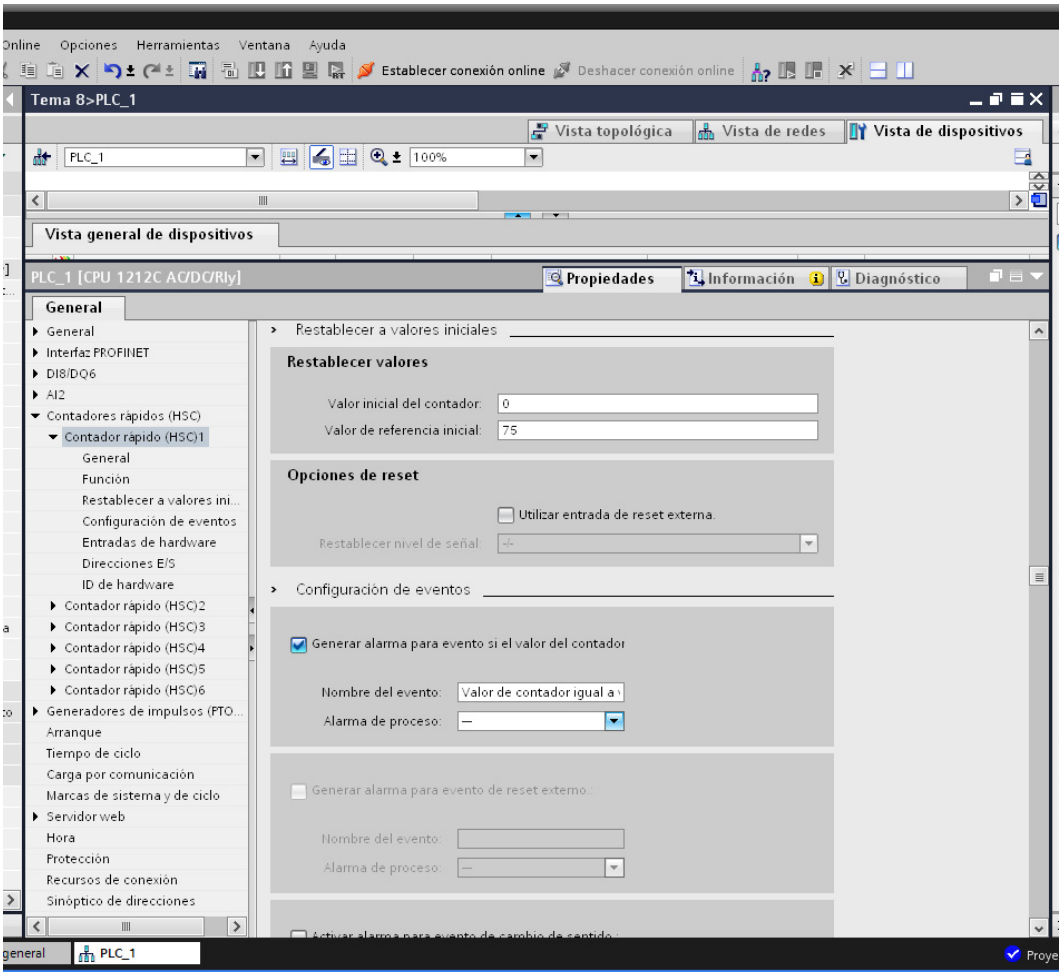


Figura 43. Configuración del contador

Al llegar a este paso tenemos que configurar el evento de alarma. Para ello abriremos el desplegable de “Alarma de proceso”, como en nuestro caso no tenemos creada ninguna interrupción vamos a añadir una seleccionando ”Agregar objeto”:

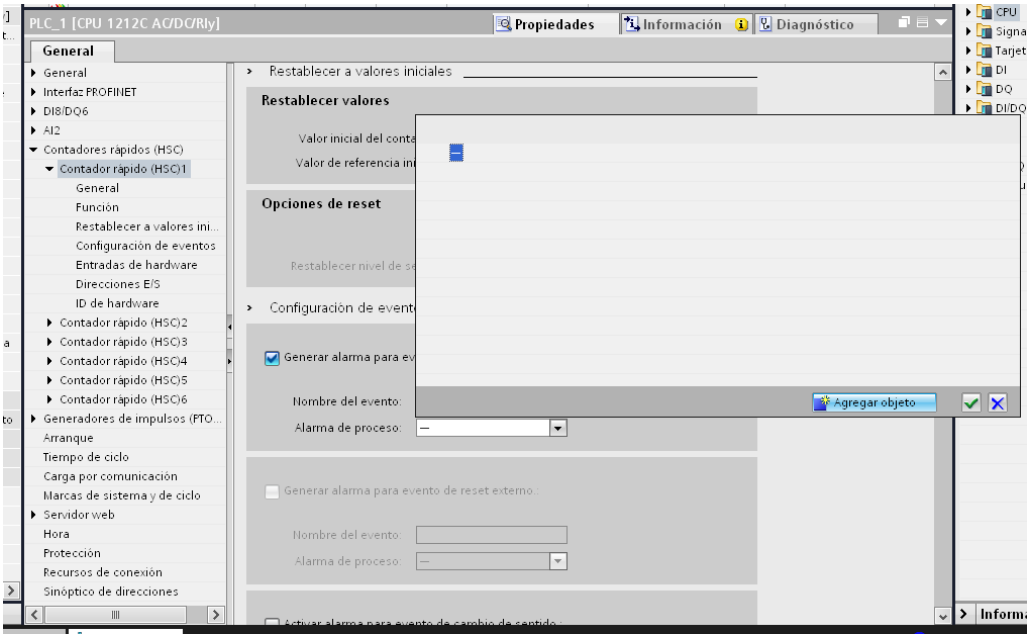


Figura 44. Creación de interrupción

Nos aparecerá una pantalla emergente para configurar la rutina de interrupción:

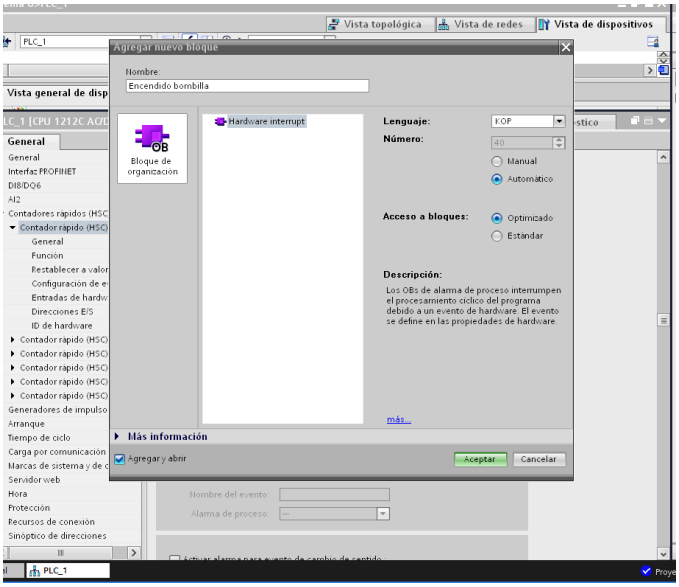


Figura 45. Configuración de interrupción

Aceptamos y nos abre la ventana para que introduzcamos el programa, en nuestro caso es muy sencillo ya que simplemente queremos encender una bombilla:

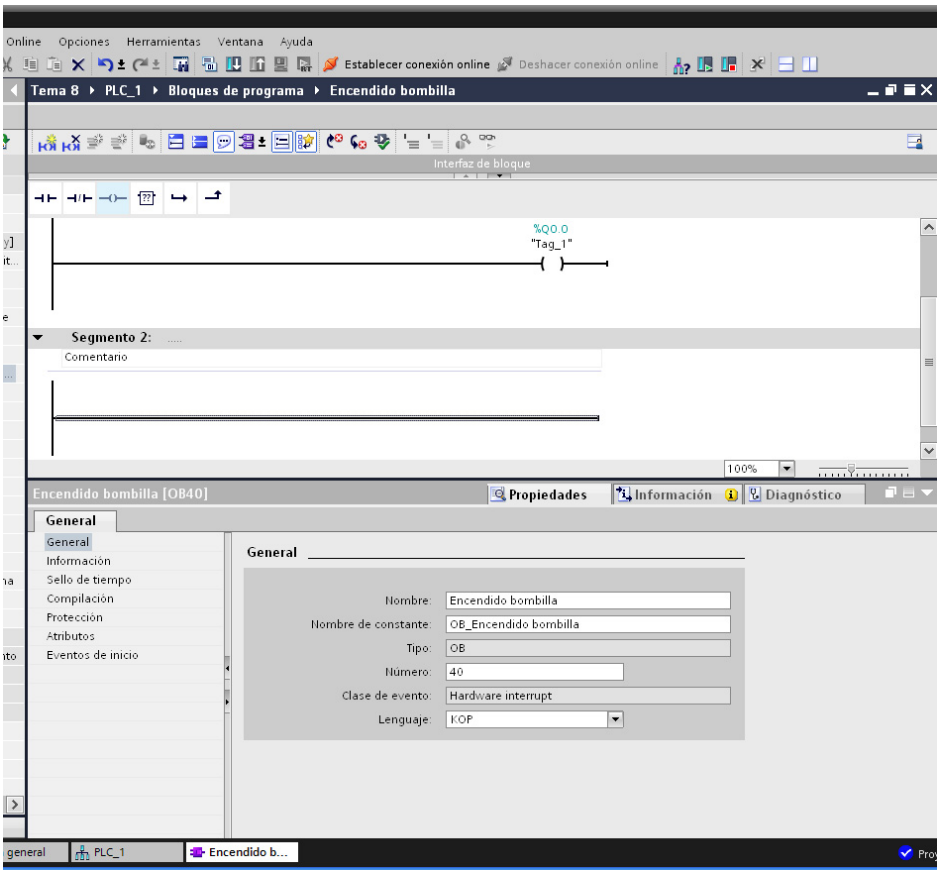


Figura 46. Programación interrupción

Ya tenemos configurado nuestro contador, ahora debes de tener claro a que entradas físicas del autómata debes de conectar el encoder. Para ello hay que consultar las hojas de características de el modelo de CPU utilizado como ya se explicó anteriormente.

CONCLUSIONES

En esta unidad didáctica hemos llevado a cabo una revisión de las herramientas disponibles en los autómatas S7-1200 para realizar el trabajo con:

1. Señales analógicas; con ellas podremos controlar todo tipo de señales que no sean 1 y 0.
2. Trenes de pulsos procedentes de *encoders. M*ediante los contadores rápidos podremos controlar los datos que nos envían los *encoders*, un elemento muy utilizado en la industria que controla el posicionamiento de elementos.

RECAPITULACIÓN

- Hemos conocido cómo es una señal analógica frente a una digital.
- Conocemos los tipos de señales analógicas más habituales.
- Cómo trabajar con señales analógicas en nuestro autómata.
- Cómo trabajar con las señales analógicas procedentes de sondas de temperatura.
- Vimos qué es un *encoder*.
- Cómo aprovechar los pulsos procedentes de un *encoder* en nuestro autómata.
- Cómo configurar un contador rápido para poder aplicarlo a nuestra automatización.

AUTOCOMPROBACIÓN

1. **Una señal analógica:**
   a) Es una señal de 0 ó 10 V.
   b) Es una señal de 0 ó 20 mA.
   c) Es una señal que varía entre unos límites.
   d) Solo puede ser de tensión.

2. **Las señales analógicas permiten medir:**
   a) Cualquier magnitud física.
   b) Solo temperatura.
   c) Temperaturas y presiones.
   d) Solo son generables por medio de un potenciómetro.

3. **Las señales analógicas:**
   a) Son solo de entrada.
   b) Son solo de salida.
   c) Son siempre 0 ó 1.
   d) Pueden ser tanto de entrada como de salida.

4. Las señales analógicas:

a) No se conectan directamente al bornero de entradas del autómata.

b) Se pueden conectar al autómata a través de módulos analógicos.

c) Se conectan al bornero de entradas o salidas del autómata.

d) Ninguna de las anteriores.

5. ¿Cuál de los siguientes módulos tiene tanto entradas como salidas analógicas?

a) SM 1231.

b) SM 1232.

c) SM 1233.

d) SM 1234.

6. Un tren de pulsos:

a) Es un bit de gran intensidad.

b) Es una sucesión de unos y ceros.

c) Es una señal analógica repetida.

d) Es un contador.

7. Un encoder:

a) Emite pulsos al cambiar una posición.

b) Cambia de tensión al cambiar una posición.

c) Marca la distancia entre dos puntos.

d) Varía la tensión de los pulsos.

8. Los *encoders* pueden ser:

a) Analógicos y digitales.

b) Incrementales y analógicos.

c) Incrementales y absolutos.

d) Analógicos y absolutos.

9. Los contadores rápidos se configuran:

a) En el *hardware*.

b) En el *software*.

c) No se pueden configurar.

d) A través de un asistente.

10. ¿Cuántos contadores rápidos tiene la CPU 1212C?

a) 2.

b) 6.

c) 4.

d) 3.

SOLUCIONARIO

1.	c	**2.**	a	**3.**	d	**4.**	b	**5.**	d
6.	b	**7.**	a	**8.**	c	**9.**	a	**10.**	c

PROPUESTAS DE AMPLIACIÓN

Te proponemos que estudies dos casos de aplicación de *encoders* en la vida diaria, en el entorno doméstico o industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- MANDADO PÉREZ, E. y otros. *Autómatas programables. Entorno y aplicaciones*. Madrid: Thomson-Paraninfo, 2005.
- ROLDÁN VILORA, J. *Automatismos y cuadros eléctricos*. Madrid: Thomson-Paraninfo, 1998.
- Documentación técnica del autómata S7-1200.
- Sistema de información de TIA Portal.